This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

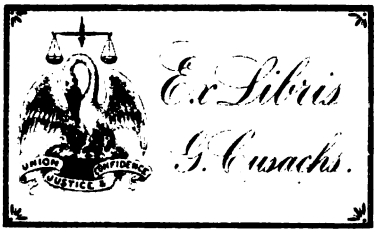
Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre

Edme Jules Maumené

Digitized by Google

BOUND BY THE
CRESCENT CITY
BOOKBINDERY
127 Gravier St.
N. O.

GIFT



From F. W. Zerban, Chief Chemist,
New York Sugar Trade Laboratory.
1940

Digitized by Google

Digitized by Google

GIFT OF
Dr. F. W. Zerban

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

TRAITÉ

DE LA

FABRICATION DU SUCRE

Digitized by Google

PARIS. — IMPRIMERIE E. MARTINET, RUE MIGNON 2.

Digitized by Google

TRAITÉ

THÉORIQUE ET PRATIQUE

DE LA

FABRICATION DU SUCRE

COMPRENANT

LA CULTURE DES PLANTES SACCHARINES
L'EXTRACTION DU SUCRE BRUT, LE RAFFINAGE, LE TRAITEMENT DES MÉLASSES
LA DISTILLATION
ET LES OPÉRATIONS RELATIVES AU TRAVAIL DES SALINS ET POTASSES
L'ANALYSE DES MATIÈRES UTILES A LA CULTURE
ET A LA FABRICATION, ETC., ETC.

PAR

E.-J. MAUMENÉ

Docteur ès sciences, Lauréat de l'Institut,
Professeur de chimie à la Faculté des sciences de l'Université catholique de Lyon,
Ancien Professeur à la chaire municipale de Reims,
Membre de plusieurs Sociétés savantes, etc., etc.

TOME II

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

49, Quai des Augustins, 49

—

1878

Tous droits réservés.

Digitized by Google

Digitized by Google

TP377
M3
v.2

TRAITÉ

THÉORIQUE ET PRATIQUE

DE LA

FABRICATION DU SUCRE

CHAPITRE VI

STRUCTURE ET COMPOSITION CHIMIQUE DES VÉGÉTAUX

EMPLOYÉS A LA FABRICATION DU SUCRE

Betterave, *Beta vulgaris*, Chénopodée (variété blanche de Silésie).

379. La structure de la betterave a été étudiée par Decaisne. Voici les résultats de son étude : « ... A l'époque de la germination et lorsque la plante n'est encore pourvue que de ses deux cotylédons, la racine est simple et n'offre aucune ramification; sa partie supérieure, un peu au-dessous des cotylédons, est couverte de poils extrêmement délicats et très-fugaces. Si l'on pratique une coupe horizontale de cette jeune racine (fig. 107), on voit qu'elle est formée, en allant de la circonférence au centre, d'abord d'un rang d'utricules épidermiques, puis d'une couche de parenchyme cortical plus ou moins épaisse, formée d'utricules faiblement réunies entre elles, et d'autant plus grandes qu'elles se rapprochent de la masse d'utricules beaucoup plus petites qui environnent à leur tour le faisceau vasculaire occupant le centre de la jeune racine; ce faisceau vasculaire est cylindrique ou plus généralement formé par la

M503780

Digitized by Google

juxtaposition de deux groupes de faisceaux disposés à peu près en demi-cercle.

« La coupe verticale de cette racine (fig. 108) nous montre les utricules corticales disposées pour ainsi dire de la même manière et avec la même forme que par la coupe transversale : celles qui suivent sont disposées en séries presque régulières dans la région voisine du parenchyme cortical; cette régularité cesse de se faire remarquer dans la partie voisine du tissu qui entoure les vaisseaux,

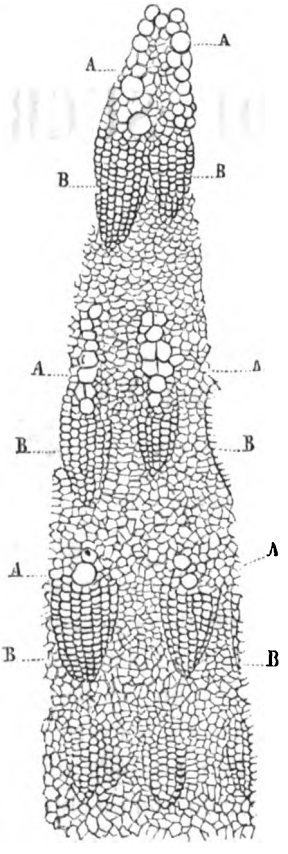


Fig. 107.

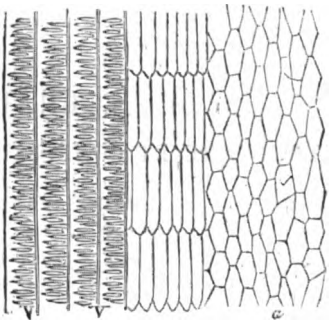


Fig. 108.

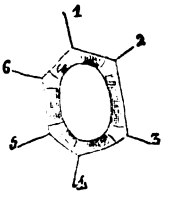


Fig. 109.

lequel est formé d'utricules cylindriques disposées avec une grande symétrie en séries parallèles beaucoup plus allongées, à parois plus épaisses que celles du tissu de la circonférence. Toutes ces utricules sont néanmoins d'une grande transparence; les vaisseaux

Digitized by Google

qui occupent le milieu de la racine sont des tubes à parois réticulées (fig. 110).

» La coupe A (fig. 109) représente un vaisseau isolé au milieu du tissu utriculaire.

» Cette jeune racine ainsi organisée ne tarde pas à donner naissance à des radicelles qui apparaissent toujours dans la partie du tissu contiguë aux vaisseaux, sous la forme d'un petit amas globuleux, composé d'utricules transparentes d'une excessive délicatesse. Ce corps s'allonge, devient conique et présente au centre une partie

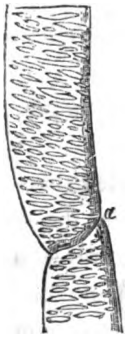


FIG. 110.

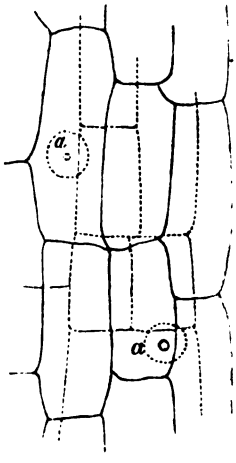


FIG. 111.

formée d'utricules également plus allongées (fig. 111); quelques-unes d'entre elles, *a*, renferment un *nucleus* qui présente un point lumineux central. C'est à cette époque qu'on commence à apercevoir deux vaisseaux opposés, extrêmement ténus, marqués de stries transversales irrégulières; peu à peu les utricules allongées font place à des vaisseaux, et le corps central de la radicelle se trouve organisé. Le petit mamelon se met alors en communication avec les vaisseaux du centre de la racine mère, avec laquelle il était resté complétement indépendant.

» Il se fait enfin jour au dehors, en perçant les couches du parenchyme cortical. Ce développement des radicelles est à peu près

Digitized by Google

semblable à celui qu'on remarque pour les racines adventives des parties aériennes qui apparaissent entre le bois et le liber, et presque généralement à l'extrémité d'un rayon médullaire.

» Il n'est pas rare de voir ces radicelles se former les unes au-dessus des autres en séries parallèles de chaque côté du tronc principal; ce dernier se tord fréquemment alors et détermine la position en spirales de ces deux séries de radicelles.

» A mesure que la jeune plante grandit, on voit des cercles de vaisseaux vasculaires apparaître autour du premier, et former ainsi des zones concentriques sur toute la racine. Il est évident que ces couches n'indiquent point un développement annuel; en admettant leur relation avec les feuilles, il reste à déterminer si chacune des zones concentriques vasculaires correspond à un cycle de feuilles, comme semble l'indiquer la torsion spirale qu'elles affectent quelquefois.

» Quoi qu'il en soit, le parenchyme cortical ne pouvant se dilater suffisamment se détruit et disparaît.

» Les utricules comprises entre chacune des zones des faisceaux vasculaires se dilatent considérablement; celles du centre s'accroissent les premières. Le faisceau vasculaire central se divise en éventail, et chacune des branches finit elle-même par s'isoler. Les nouveaux faisceaux qui apparaissent vers la circonférence de la racine se composent d'abord d'utricules allongées; les vaisseaux réticulés se forment toujours postérieurement. Un accroissement des racines a lieu par l'augmentation en diamètre de chacune des utricules et par l'addition d'utricules nouvelles : ces deux causes agissent simultanément; le tissu vasculaire suit la même marche.

» Si maintenant nous observons la racine à un âge plus avancé, nous verrons que sa structure intime n'a pas varié, et que l'organisation se retrouve exactement la même. La seule différence appréciable consiste dans un accroissement proportionnel des tissus, dont les diverses couches se sont épaissies par l'addition d'utricules ou de vaisseaux nouveaux. — Toutes les utricules sont toujours d'une transparence parfaite (fig. 112).

» ... Dans la plupart des racines on trouve un faisceau vasculaire

Digitized by Google

unique et central qui grossit par les progrès de l'âge, et se trouve entouré par une couche plus ou moins épaisse de parenchyme cortical composé d'utricules.

» Dans la betterave on retrouve ces deux éléments, mais le parenchyme cortical est remplacé par le tissu utriculaire des rayons médullaires, et les couches vasculaires, au lieu de s'appliquer les unes contre les autres, sont séparées par une masse plus ou moins épaisse d'utricules : les résultats sont les mêmes.

FIG. 112.

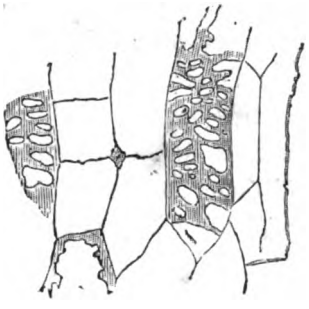


FIG. 113.

» En examinant à l'œil nu l'intérieur d'une racine de betterave arrivée à son entier accroissement, on voit une masse blanche sur laquelle se dessinent les zones vasculaires dont nous venons de parler; et si, à l'aide d'un instrument très-acéré, on enlève des tranches très-minces de cette racine, on reconnaît, au moyen du microscope, que chacun des faisceaux vasculaires se compose, vers le centre de la racine, d'une partie formée par un nombre assez considérable de vaisseaux de calibre variable, à parois réticulées et entourées de toutes parts par des utricules cylindriques assez transparentes. Si on suit la structure de ces faisceaux vasculaires en allant du centre à la circonférence, on voit les vaisseaux diminuer et disparaître complétement dans les zones les plus externes; celles-ci sont uniquement formées par le tissu utriculaire, qui, dans les faisceaux de la portion centrale de la racine, entoure les tubes à parois réticulées (fig. 113).

» Comme chacun des faisceaux vasculaires est formé uniquement

Digitized by Google

d'utricules allongées, étroites, à parois minces, à cloisons horizontales, et de quelques tubes réticulés, il en résulte que la betterave manque pour ainsi dire de substance ligneuse solide ...; il en résulte encore que les zones les plus externes étant dépourvues de vaisseaux et formées uniquement d'utricules allongées, la partie externe des racines serait privée de sucre, si, comme le suppose M. Raspail, cette substance se trouvait contenue à l'état concret dans les vaisseaux.

» Quant au tissu placé entre chacun des faisceaux, si on l'examine à un grossissement assez puissant, on voit qu'il se compose essentiellement d'utricules fermées de toutes parts, de grandeur variable, à parois très-minces, n'offrant aucune ponctuation, et tellement transparentes, qu'on voit non-seulement dans leur intérieur, mais qu'on distingue très-nettement les utricules sous-jacentes. Le nucleus qu'elles renferment presque généralement est à peine distinct. Cependant, dans les racines arrivées à maturité, la transparence des utricules cesse d'être générale, et il n'est pas rare d'en rencontrer qui présentent des ponctuations et même des réticulations semblables à celles que l'on rencontre dans un grand nombre de végétaux.

» Dans la partie centrale de la racine, où ce tissu est parfois plus lâche, elles sont presque toujours plus grandes, sphériques, et n'adhèrent que faiblement entre elles; mais lorsqu'elles se rapprochent, au contraire, du tissu vasculaire, elles participent de la forme allongée des vaisseaux, sont plus petites, pressées régulièrement les unes contre les autres, et rangées, comme je l'ai déjà fait remarquer, en décrivant les très-jeunes racines.

» La pulpe lavée dans l'alcool et séchée offre les utricules tellement serrées qu'on ne peut les écarter sans lésions (fig. 114).

» Dans l'eau les utricules reprennent presque leur forme primitive (fig. 115).

» Ainsi, en étudiant les organes élémentaires de la racine de betterave depuis sa germination jusqu'à l'époque de son plus grand accroissement, les utricules restent transparentes, ne renferment jamais de matières amylacées, de cristaux aciculaires, si communs dans les autres végétaux, ni les agglomérations cristallines d'oxalate

Digitized by Google

de chaux que l'on rencontre si fréquemment dans presque toutes les plantes appartenant, ainsi que la betterave, à la famille des chenopodées.

» Cependant, sans soumettre le tissu de cette plante à un examen microscopique, les fabricants avaient remarqué que la partie supé-

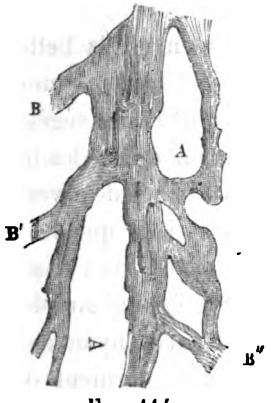


Fig. 114.

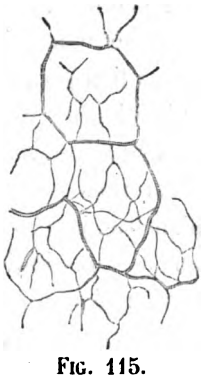


Fig. 115.

rieure de la racine était plus âcre, moins sucrée, et contenait plus de sels que la portion inférieure. Cette observation si générale de la part des fabricants demandait à être reprise avec soin, et répétée de manière à déterminer si les sels se trouvaient effectivement limités dans la partie de la plante exposée à l'action des agents extérieurs.

» En soumettant au microscope le tissu appartenant au système aérien d'une betterave, caractérisé par une masse centrale de tissu

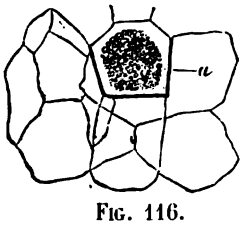


Fig. 116.

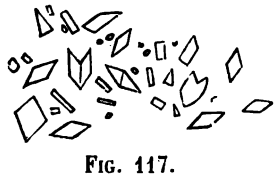


Fig. 117.

utriculaire, au lieu d'offrir une partie ligneuse, on ne tarde pas à reconnaître la présence d'un nombre souvent très-considérable d'utricules remplies de cristaux d'une extrême ténuité (fig. 116 et 117).

Digitized by Google

Ces utricules sont d'autant plus nombreuses que la partie de la plante hors de terre a pris un plus grand développement. La limite de ces utricules est très-nette; elle ne s'étend pas au delà du point de départ des deux systèmes aérien et souterrain, et l'on cesse presque tout à coup d'en rencontrer si l'on vient à dépasser inférieurement le collet.

» A une époque avancée du développement de la betterave, la partie centrale utriculaire se détruit et fait place à une cavité, comme cela a lieu pour la moelle dans la plupart des végétaux.

» J'ai répété cette observation non-seulement sur les betteraves cultivées au Muséum, mais encore sur des racines de diverses localités, et cela sans rencontrer aucune exception, que les variétés fussent blanches, jaunes ou rouges. La quantité de ces cristaux peut varier dans certains individus, mais leur présence sur des points déterminés du végétal paraît invariable. Le parenchyme des feuilles et toutes les autres parties herbacées en renferment davantage encore que la portion de la tige hors de terre sur laquelle elles prennent naissance.

» Voilà donc une différence physiologique essentielle entre la région supérieure et inférieure dans la betterave; et cependant si on étudie avec la plus scrupuleuse attention les utricules de ces deux parties, on ne peut y découvrir les plus légères différences anatomiques. Mais si on se rappelle que la plupart des principes immédiats ne peuvent se développer dans les végétaux qu'à l'aide d'un certain nombre de phénomènes qui sont, pour les parties herbacées et aériennes, l'évaporation de l'eau, la décomposition du gaz acide carbonique de l'air et la fixation du carbone, on pourra peut-être concevoir qu'il se produise dans les parties herbacées des principes immédiats qui ne peuvent l'être dans les racines; ou bien il faut avoir recours à une cause générale qui nous échappe, et cette cause est l'organisation ou la force vitale, puissance sinon destinée à combattre les agents physiques, du moins à les soumettre à son usage pour produire dans les appareils particuliers un ordre tout nouveau de phénomènes. »

Digitized by Google

880. *Examen microscopique du suc de betterave.* — « J'ai fait remarquer que le suc dans le tissu utriculaire est complétement transparent, si on l'examine avec soin, soit au travers des parois, soit au moment où une lésion quelconque l'en fait sortir; on n'y voit aucune matière tenue en suspension : il est d'une limpidité parfaite. Cependant, dès l'instant où le liquide est soumis à l'influence des agents extérieurs, il s'y produit des altérations notables; on le voit devenir nuageux, et passer, comme dans beaucoup d'autres végétaux, de l'état de limpidité à celui d'un suc trouble et jaunâtre, qui prend bientôt une couleur noire des plus intenses.

» Le tissu dont on l'a extrait se colore d'abord en rouge pâle et finit en très-peu de temps par se noircir complétement. »

En répétant ces observations sur des racines de différents âges, on voit le même phénomène se reproduire; mais en agissant sur le liquide extrait des plus grosses racines, et chez lesquelles les utricules paraissaient plus gorgées de suc aqueux, on trouvait que la coloration offrait moins d'intensité que le suc exprimé des racines moins grosses, et au lieu d'avoir, comme dans ces derniers, une belle couleur noire, on obtenait seulement une liqueur grisâtre qui finissait cependant par acquérir après plusieurs heures au contact de l'air une couleur semblable à celle du liquide obtenu des moins grosses racines.

« Lorsque le suc a été déposé dans des tubes en verre, on voit qu'il se partage peu de temps après son extraction en trois parties : la supérieure qui est aussi la plus noire forme une couche mince qui envoie des prolongements verticaux jusqu'au fond du vase en traversant une couche épaisse de suc de couleur grisâtre : la portion inférieure est la plus pâle.

» L'observation microscopique de ces différentes parties nous montre que leur coloration est due à une multitude de granules d'un diamètre à peu près égal, appréciables surtout lorsqu'ils sont réunis en masse; isolés, ils sont à peine visibles, puisqu'en se servant de grossissements très-puissants, on parvient à peine à les voir nettement; le champ du microscope paraît seulement trouble ou nuageux. Peu d'heures après son extraction, le suc semble s'épaissir et

Digitized by Google

présente quelques flocons ou petites masses de granules visibles seulement au microscope.

» Deux ou trois jours après son exposition à l'air, on voit quelquefois apparaître à sa superficie une légère pellicule de couleur fauve qui semble formée par la juxtaposition des granules, et au milieu de laquelle on aperçoit des utricules ovoïdes, réunies par petits groupes et parfaitement transparentes lorsqu'on les examine isolément. Si la fermentation vient à s'établir, on ne tarde pas à voir de petits corps ovales simples ou cloisonnés, analogues à des spores d'un grand nombre de cryptogames : celles-ci se placent bout à bout en chapelet, et forment ainsi une espèce de petite algue microscopique..... »

881. Payen avait indiqué la distribution du sucre dans la racine (1) :

» Lorsqu'une racine est coupée dans le sens de sa longueur et par son milieu, elle offre la coupe représentée fig. 118. *b*, *b*, *b*, sont les parties saccharifères; on les distingue à leur aspect d'un blanc plus prononcé; tout le tissu qui les sépare est grisâtre et ne renferme que peu ou point de sucre; on s'en assure par les actions chimiques, par la liqueur de cuivre entre autres, ou même simplement au goût. »

882. Ch. Viollette croit que le tissu cellulaire et le tissu saccharifère contiennent des proportions de sucre peu différentes; mais la proportion des matières minérales est plus considérable dans le premier : la proportion des chlorures peut être de trois à huit fois plus grande. Les acides organiques et azotique unis aux alcalis, potasse et soude, s'y trouvent en quantités sensiblement équivalentes; il en est de même de l'acide phosphorique. Mais l'acide sulfurique est beaucoup plus abondant dans le tissu saccharifère, probablement par suite de l'abondance des matières albuminoïdes (2).

Entre les opinions de Payen et de Ch. Viollette, il est difficile de choisir; je laisse ce soin au lecteur.

(1) *Comptes rendus*, XXIV, 909, et *Précis de chimie*, 5e éd., II, 264.
(2) *Ann. de chim. et de phys.* [5], III, 546.

Digitized by Google

883. La structure anatomique entraîne une propriété dont j'ai

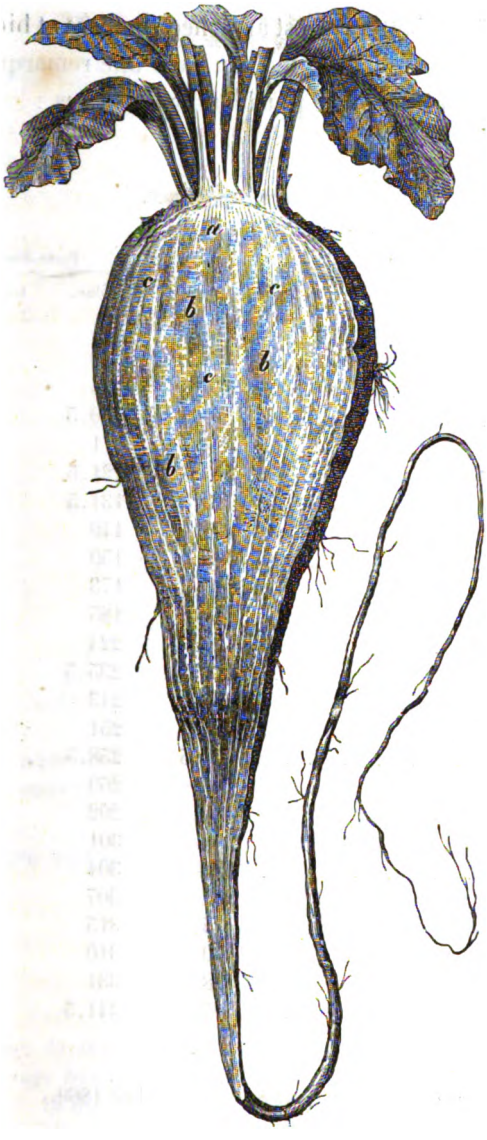


Fig. 118.

signalé l'importance et dont je dois parler ici. Cette propriété est

Digitized by Google

celle de perdre ou d'absorber l'eau suivant le milieu dans lequel on tient la racine (1).

Aussitôt qu'une betterave est arrachée de terre et bien lavée, elle commence à *sécher* et perd de l'eau avec une remarquable promptitude. Voici les résultats de plusieurs expériences :

Première expérience.

	Poids de la betterave.	Perte d'eau	
		Absolue.	En centièmes.
9 septembre.....	459	»	»
10.....	441	18	4.08
11.....	425	34	8.00
12.....	408.5	50.5	12.38
13.....	388	71	»
17.....	336.5	121.5	»
18.....	321.5	131.5	»
19.....	310	149	»
20.....	300	159	»
21.....	286	173	»
22.....	274	185	»
26.....	235	224	»
27.....	223.5	235.5	»
28.....	216	243	»
29.....	208	251	»
30.....	200.5	258.5	»
2 octobre.....	190	269	»
7.....	167	292	»
10.....	158	301	»
11.....	155	304	»
12.....	152	307	»
16.....	144	315	»
18.....	140	310	»
29.....	128	331	»
14 novembre.....	117.5	341.5	74.40

(1) *Journal des fabricants de sucre*, 16 septembre 1869.

Digitized by Google

Deuxième expérience

	Poids de la betterave.	Perte d'eau	
		Absolue.	En centièmes.
2 juillet.....	407	»	»
3.....	368	39	9.58
4.....	334	73	17.93
5.....	301	106	26.04
6.....	278	129	»
8.....	235	172	»
9.....	218	189	»
10.....	204	203	49.88
11.....	194	213	»
12.....	181	226	»
13.....	174	233	»
15.....	161	246	»
16.....	156	251	»
17.....	150	257	»
18.....	144	263	»
19.....	139	268	»
20.....	132	275	67.56
24.....	110	297	»
25.....	103	304	»
27.....	92	315	»
29.....	82	325	»
30.....	81	326	»
1er août.....	76	331	»
20.....	60	347	»
21 septembre.....	59	348	85.5
30 octobre.....	59	348	»

Une betterave envoyée d'Espagne et restée seize jours en route a donné :

Troisième expérience.

	Poids de la betterave.	Perte d'eau	
		Absolue.	En centièmes.
	kil.		
A son arrivée : 11 décembre....	6.300	»	»
et après enlevage du collet.....	6.000	»	»
13 décembre....	5.885	115	»
21.....	5.500	500	»
24.....	5.410	590	»
24 mars (1873)..	2.610	3.390	»
5 septembre...	0.951	5.049	84.15

Digitized by Google

Les betteraves ainsi desséchées ressemblent à des racines d'arbres; elles ont l'aspect du bois, sont plus ou moins contournées, mais un peu molles par suite de l'altération du sucre qui est inverti et partiellement converti même en acides $C^{12}H^{12}O^{14}$ et $C^{12}H^{12}O^{16}$ (acides hexénique et hexépique).

384. Les mêmes betteraves ont été mises ensuite dans de l'eau distillée pour étudier la réabsorption, ce qui a donné :

Betterave de 459 grammes.

		Absorption	
	Gr.	Absolue.	En centièmes.
10 septembre.....	684	»	»
11.....	710	26gr	»
12.....	730	46	»
13.....	748	64	9.3

Betterave de 407 grammes.

3 mars.....	61	»	»
4.....	108	47	»
6.....	159	98	»
8.....	208	147	»
13.....	260	199	»
15.....	307	246	»
17.....	318	257	»
20.....	337	276	»
21.....	346	285	»
25.....	350	289	71.1
29.....	341	»	»

Après cette réabsorption la betterave est complétement détériorée : l'eau dans laquelle on l'avait plongée reste incolore pendant les premiers jours, et se colore peu, même dans les derniers; mais elle se charge rapidement de sucre neutre et de sucre inverti; elle réduit alors fortement la liqueur Trommer. Dans les derniers jours, elle se remplit de moisissures. La betterave fendue longitudinalement présente une couleur brune générale et les zones saccharifères entièrement noires.

385. Nous allons maintenant examiner les substances que l'analyse a fait découvrir dans les tissus de la betterave. Voici l'ex-

Digitized by Google

posé le plus sommaire de leur composition et de leurs propriétés, de celles, au moins, qui sont les plus intéressantes pour le fabricant (après le sucre, normal ou accidentellement inverti, dont nous avons parlé dans le tome Ier).

Je dirai seulement un mot encore du sucre inverti. Malgré de nombreuses études, son existence est toujours l'objet d'un doute, au moins pour quelques chimistes.

Krause a repris cette question tout récemment, et il a trouvé la présence du sucre réducteur dans la betterave assez générale pour l'admettre comme inévitable.

0.1 pour 100 en moyenne.
0.3 à 0.4 après un hiver passé dans les silos (1).

386. *Cellulose.* — C'est la partie ligneuse dont nous avons étudié la structure d'après Decaisne; il nous reste à indiquer ses propriétés chimiques.

La cellulose est incolore, insapide, insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther et les dissolvants *physiques*. Elle est dissoute par quelques agents chimiques, par exemple l'oxyde de cuivre ammoniacal; c'est celui dont l'action est la plus faible mais cependant sensible. Les acides séparent de cette dissolution une substance gélatineuse, amorphe, après dessiccation, et dont la formule paraît la même. L'acide sulfurique, concentré à 41 degrés (densimétriques), laissé en contact pendant douze heures forme un produit que l'eau décompose et prive entièrement d'acide. Il reste alors une substance dont la formule est celle de la cellulose augmentée de HO par chaque $C^{12}H^{10}O^{10}$ (c'est-à-dire $C^{12}H^{11}O^{11}$), ce qui est la formule du sucre normal.

En réalité la substance n'a rien du sucre, elle s'oxyde avec facilité, jaunit à + 50 degrés en quelques jours par cette oxydation, forme un acide réducteur du tartrate de cuivre alcalin et de l'azotate d'argent (très-probablement $C^{12}H^{12}O^{14}$ l'acide hexénique, E. M.). Les alcalis facilitent encore cette oxydation (2).

(1) *Comptes rendus*, LXXXI, 1105.
(2) *Bull. de la Soc. chim.*, XXI, 475.

Digitized by Google

L'action de l'acide sulfurique est la suivante :

C $$n = \frac{112}{26.5} = 4.3, \text{ soit } 4$$

$$4\,SO^3HO + C^{12}H^{10}O^{10} = C^{12}H^9O^9.(SO^3)^4 + 5\,HO.$$

Braconnet a obtenu des résultats très-voisins : 34 grammes d'acide sulfurique, de la densité 1.827 seulement, ont dissous 21.5 au lieu de 28.1 qu'ils doivent prendre d'après la formule. On ne sent pas trace d'acide SO^2. Il n'y a pas de matière charbonneuse. Les 21gr,5 dissous donnent après saturation par $CaO.CO^2$ et par évaporation 26.2, dont 4.30 $SO^3.CaO$, mêlé d'un peu de matière organique (1).

C'est le produit $C^{12}H^{10}O^{10}(SO^3)^4$ qui prend naissance à froid, et que l'eau décompose en laissant $C^{12}H^{10}O^{10}HO$.

L'acide acétique anhydre produit une action plus semblable à celle du glucose (§ 152) ; il forme un composé $C^{12}H^7O^{10}(C^4H^3O^2)^3$, à + 180 degrés en une ou deux heures ; l'eau décompose ce produit, donne une matière gélatineuse privée totalement d'acide mais contenant l'acétyle $C^4H^3O^2$, et nommée pour cette raison cellulose triacétylée (2).

Par la chaleur la cellulose enfermée avec de l'eau dans un tube donne à + 200 degrés de l'acide monédique (formique) de l'acide hexafédique (pyrocathéchine !) et d'autres produits (3).

L'acide azotique forme un composé célèbre, la *poudre coton :*

$$C^{12}H^7O^7(AzO^5)^3.$$

De ces actions, celle qui intéresse le fabricant est surtout celle de l'acide sulfurique. Les pulpes soumises à l'action de cet acide étendu ne doivent pas être exposées à une dessiccation qui concentrerait l'acide et produirait le composé indiqué. L'emploi de l'acide pour la distillation est aussi digne d'intérêt. Nous y reviendrons. Enfin la cellulose agit probablement sur les azotates à peu près

(1) *Ann. de chim. et de phys.* [2], XII, 172.
(2) *Ann. de chim. et de phys.*, [4], XXI, 237.
(3) *Ann. de chim. et de phys.*, [4], XXV, 192.

Digitized by Google

comme le sucre (§ 102), de là une explication du mauvais effet de la *pulpe folle* dans les jus et sirops. Les alcalis produisent avec la cellulose une action très-analogue à celle de l'acide sulfurique. Du coton arrosé d'eau et mêlé de chaux vive produit en quelques mois une substance toute semblable, sinon identique, à celle dont nous avons parlé pour l'acide sulfurique. (Maumené, travail inédit.)

587. On trouve dans la betterave (dans la graine) une certaine quantité de fécule, les grains sont de très-petite dimension : ils ne dépassent pas 4/1000 de millimètre.

588. *Mucilage*. — Le mucilage a été observé pour la première fois par Vauquelin, dans les cannes, en 1822 (1).

Du vesou de cannes soumis, avant son départ, à la méthode d'Appert (2), mais d'une manière imparfaite, subit pendant le voyage une altération plus ou moins profonde, et offrit, avec un trouble opalin, une substance filante et visqueuse dont l'isolement pouvait se faire au moyen de l'alcool employé à plusieurs reprises pour la précipiter et la laver.

« Encore humide, elle est demi-transparente, a une couleur grisâtre, et diminue beaucoup de volume en séchant. Ainsi séchée elle est blanche, opaque comme de la pâte d'amidon; il lui reste encore une nouvelle saveur sucrée; mais en se délayant dans la salive, elle l'épaissit beaucoup. — Elle se dissout abondamment dans l'eau, surtout à chaud : sa dissolution reste toujours laiteuse, même après la filtration. Mise sur un charbon ardent, elle se boursoufle, se charbonne promptement et répand une odeur comme le sucre ou la gomme : elle donne un produit acide, à la distillation, accompagné d'un peu d'ammoniaque. 4 grammes de cette matière ont été mis avec 200 grammes d'eau et 10 grammes d'acide sulfurique, et on a fait bouillir le tout pendant dix ou douze heures, en ayant soin de substituer de nouvelle eau à celle qui s'évaporait. La liqueur a

(1) *Ann. de chim. et de phys.* [2], XX, 93.

(2) Cette méthode est bien connue : elle consiste à faire bouillir le liquide dans le vase même où on le renferme et à boucher ce vase sans laisser rentrer l'air.

Digitized by Google

pris une couleur rougeâtre, et en se refroidissant elle a déposé une certaine quantité de matière de la même couleur et s'est en partie décolorée. Cette matière, lavée et séchée, répand en se décomposant sur un charbon ardent une odeur empyreumatique animale. C'est sans doute cette matière animale qui donnait à la dissolution l'aspect opalin mentionné ci-dessus et que l'acide sulfurique a dénaturé. Après avoir filtré la liqueur pour en séparer la matière rouge, je l'ai saturée par le carbonate de chaux : j'ai filtré de nouveau, lavé le sulfate de chaux, réuni les lavages à la liqueur principale, et je l'ai fait évaporer en consistance de sirop épais. Ce sirop n'a point cristallisé : il m'a semblé plus sucré que ne l'était la *gomme* avant son traitement; mais il n'était point entièrement changé en sucre, car l'alcool ne le dissolvait pas. Cette gomme n'est donc pas de la même nature que celle que l'on obtient de l'amidon convenablement traité par l'acide sulfurique. 8 grammes de cette gomme traités par l'acide nitrique ont donné une grande quantité d'acide oxalique et une petite quantité de matière jaune amère ; elle n'a fourni aucune trace d'acide mucique, ce qui prouve qu'elle n'est pas une vraie gomme. Un gramme de cette gomme brûlée dans un creuset de platine a laissé un centigramme de cendre formée de phosphate de chaux, de fer, et d'un atome de silice. »

Vauquelin ajoute encore des considérations de nature à mettre en évidence l'origine de cette matière ; elle est produite par le sucre, car ce dernier a disparu presque entièrement du vesou altéré, dans lequel on ne trouve cependant ni alcool, ni acide carbonique, au moins en quantité notable.

J'ai cru devoir retracer ici les expériences de Vauquelin, trop peu connues, et d'où résulte clairement la preuve de l'existence d'un mucilage formé par le sucre.

Je ne m'arrêterais pas davantage sur ce qui concerne son existence si Phipson ne lui avait attribué la faculté de produire la *mannite* qui se trouve dans la betterave, dans le vin ou dans le raisin lui-même (1). En présence de l'eau, et sous une influence désoxy-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, décembre 1856.

Digitized by Google

dante, le mucilage perdrait de l'oxygène et produirait la mannite

$$\underbrace{C^{12}H^{10}O^{10}}_{\text{Mucilage.}} + \underbrace{4\,HO}_{\text{Eau.}} = \underbrace{C^{12}H^{14}O^{12}}_{\text{Mannite.}} + \underbrace{2\,O}_{\text{Oxygène.}} \quad (1)$$

Cette observation aurait une assez grande importance, si Phipson avait pu l'appuyer de preuves irrécusables; mais elle reste comme une simple hypothèse. La dextrine, dont l'étude a été faite avec beaucoup de soin, n'a jamais paru donner de mannite sous les influences dont parle Phipson; l'inuline, la lichénine ou les matières analogues peuvent-elles en produire? On ne le sait point. Il est plus vraisemblable d'attribuer au sucre la faculté de produire la mannite. C'est bien certainement lui qui éprouve la fermentation visqueuse où l'on voit apparaître en même temps l'acide lactique, la mannite et le mucilage; or, la mannite dérive plus directement du sucre que du mucilage, car on a :

$$\underbrace{C^{12}H^{14}O^{14}}_{\text{Sucre de raisin}} = \underbrace{C^{12}H^{14}O^{12}}_{\text{Mannite.}} + \underbrace{2\,O}_{\text{Oxygène.}}$$

La mannite a été produite dans des circonstances diverses, tantôt en ajoutant H^2 à $C^{12}H^{12}O^{12}$ par l'action du sodium (allié au mercure) avec l'eau. Le sodium s'oxyde et fait *naître* l'hydrogène qui, *dans l'état liquide*, s'unit immédiatement au glucose; tantôt en enlevant O^2 de $C^{12}H^{14}O^{14}$ comme nous venons de l'expliquer.

Quoi qu'il en soit, le mucilage a très-probablement la composition suivante, qui est celle de l'amidon, de la dextrine, des gommes, etc.

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En équivalents chimiques.	
Carbone.....	44.44	36	72	C^{12}
Hydrogène.....	6.18	5	10	H^{10}
Oxygène.....	49.38	40	80	O^{10}
	100.00	81	162	

Le mucilage est certainement exempt d'azote; il paraît l'unique source de la *viscose* des jus sucrés, des vins, etc.

(1) Un lapsus de Phipson lui a fait écrire + O.

Digitized by Google

889. *Mannite.* — On rencontre assez fréquemment dans les jus, lorsqu'ils proviennent de betteraves meurtries, ou fermentées, une matière très-voisine du glucose, car elle en diffère seulement par deux équivalents d'hydrogène en plus. C'est la mannite, ainsi nommée parce qu'elle constitue la majeure partie du purgatif nommé *manne*. On la développe, à coup sûr, en exposant la plupart des sucres à l'action de la levûre de bière, cuite dans l'eau bouillante pendant un quart d'heure.

C'est une substance cristallisable en prismes quadrangulaires, en aiguilles d'un aspect soyeux. La saveur en est analogue à celle du sucre. Produite par un ferment altéré, mais encore capable de déterminer la fermentation alcoolique, la mannite ne doit pas éprouver cette fermentation, et c'est bien ce qui arrive en général; mais dans certaines conditions elle éprouve pourtant cette fermentation (253); sa composition est :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone....	39.56	36	72	C^{12}
Hydrogène.....	7.69	7	14	H^{14}
Oxygène.....	52.75	48	96	O^{12}
	100.00	91	192	

On peut donc admettre deux origines de la mannite :

1° Par hydrogénation du glucose

$$C^{12}H^{12}O^{12} + H^2 = C^{12}H^{14}O^{12}$$

2° Par desoxygénation du glucose hydraté

$$C^{12}H^{14}O^{14} - O^2 = C^{12}H^{14}O^{12}.$$

Les deux origines ont été reconnues : la première dans tous les cas où le glucose est soumis à l'hydrogène naissant. On ajoute un peu de potasse à une solution de glucose ou de sucre inverti, et peu à peu de petites quantités d'amalgame de sodium. L'hydrogène dégagé par ce dernier est absorbé complétement. On neutralise par l'acide sulfurique, on reprend par l'alcool qui donne la mannite en

Digitized by Google

cristaux (1). La seconde dans la fermentation du mélange employé pour la fermentation lactique (2).

100 parties d'eau dissolvent.....	15.6 à	+ 18°
100 parties d'alcool à 89°.....	1.2	+ 15°
100 parties d'alcool absolu.....	0.07	+ 14°

Elle se transforme en glucose quand l'oxygène naissant la rencontre.

Son point de fusion est à + 166°. Celui d'ébullition à 200°.

Elle dissout la chaux, la baryte, etc., à peu près comme le sucre, moins à chaud qu'à froid. Avec la chaux elle donne :

$$(C^{12}H^{14}O^{12})^4(CaO.HO)^3$$

768 111 111 × 7 = 777

On trouve ordinairement avec la mannite une substance désignée autrefois sous le nom de mucilage, mot vague dont on s'est servi pour des matières diverses, pour le mucilage véritable dont nous venons de parler, et pour les composés pectiques.

La matière vraie de la viscose (j'appelle ainsi la maladie des jus sucrés, des vins où se forme le mucilage, etc.), me paraît pouvoir être obtenue pure dans les conditions suivantes : le jus de betteraves ou de carottes versé dans un osmomètre à papier parchemin, avec de l'eau distillée sur l'autre face, donne en vingt-quatre heures, par microsmose dans l'eau, une substance incolore, qui en vingt-quatre à quarante-huit heures au plus, suivant la température, devient une masse glaireuse, filante, avec toutes les apparences du mucilage, des jus visqueux, des vins filants, etc. Cette masse est parfaitement incolore, et accompagnée seulement d'une petite quantité de sels alcalins et de sucre. Je m'occupe de son étude.

Le mucilage produit par viscose a été étudié par Tilley et Maclagan.

Il est insoluble dans l'alcool, non colorable par l'iode, devient

(1) *Bull. de la Soc. chim.*, 1863, 47.
(2) *Comptes rendus*, XXXIX, 56.

Digitized by Google

plus mucilagineux dans l'eau bouillante, produit de l'acide oxalique avec l'acide azotique.

Formé dans une limonade gazeuse (sucre, citron, gingembre, acide tartrique et acide carbonique comprimé), il contenait 1.37 de cendres. On a trouvé :

	$C^{12}H^{10}O^{10}$	
C = 43.55 (moyenne de 2).	44.44	
H = 6.47 (moyenne de 2).	6.17	(1)

Réciproquement la mannite devient facilement du glucose.

$$C^{12}H^{14}O^{12} + O^2 = C^{12}H^{12}O^{12} + 2\,HO$$

« La manne récente et bien pure ne subit point la fermentation alcoolique » ; mais à la longue elle devient capable de la subir, sous l'action de l'air quand elle est oxydée.

C'est ce dont s'est assuré Lhermite (2).

390. La betterave est assez riche en pectose, et peut donner facilement ainsi de l'acide pectique : rien de plus facile à reconnaître. On prend 100 grammes de pulpe fraîche, on les délaye dans un ballon avec de l'eau distillée (1 litre), puis on ajoute 25 grammes de carbonate de soude en cristaux, et on porte à l'ébullition pendant vingt-cinq à trente minutes. Le liquide filtré, traité par le chlorure de calcium, donne un précipité gélatineux de pectate de chaux dont on extrait l'acide pectique par l'addition de 20 grammes d'acide chlorhydrique étendu de 40 grammes d'eau. On jette la gelée d'acide pectique sur une toile, on lave à l'eau froide et on fait sécher à froid dans de l'air confiné sous une cloche où l'on a placé un vase large, contenant de l'acide sulfurique. La gelée se dessèche en une poudre qui est l'acide pectique.

Cet acide intéresse beaucoup la fabrication.

L'eau bouillante le transforme en peu de temps; il devient acide *parapectique* complétement soluble, et forme une *masse gommeuse*

(1) *Journ. de pharm.* [3], IX, 290.
(2) *Comptes rendus*, XXXIV, 114.

Digitized by Google

dont l'eau résiste de plus en plus à l'évaporation; les alcalis, en excès, le changent en un autre acide isomérique, l'acide *métapectique*. Ces deux acides ont une composition très-peu différente :

Acide parapectique..... $C^{24}H^{15}O^{21}$ $(HO)^2$
Acide métapectique..... $C^8H^5O^7$ $(HO)^2$

mais on les distingue par l'eau de baryte qui, même en excès, ne précipite pas l'acide métapectique, tandis qu'elle précipite l'acide parapectique.

L'acide pectique peut produire un quatrième acide. Soumis, quand il est bien sec, à l'action de la chaleur, il peut résister même à + 120°; à 200° il forme un corps brun noir, insoluble dans l'eau, soluble dans les alcalis, nommé acide *pyropectique*. Ce nouvel acide n'est plus isomérique avec les deux précédents, il a pour formule $C^{14}H^9O^9$ et serait formé de la manière suivante :

$$2\,C^8H^5O^7 = 2\,CO^2 + HO + C^{14}H^9O^9$$

La découverte de l'acide pectique est due à Braconnot (1), qui a montré le premier l'existence dans certains végétaux d'un corps gélatineux, insoluble dans l'eau pure, et a nommé ce corps d'après le mot grec πηκτις (coagulum). Fremy s'est livré plus récemment à l'étude de ce corps (2), et a fait connaître ses dérivés, leur composition et leurs propriétés principales; Sacc est venu plus tard encore (3) ajouter quelques renseignements à l'histoire de ces corps.

Ce qu'il éprouve à + 200° quand il est sec, il le subit à une température bien moins élevée quand il est humide : ainsi dès 100° il se colore fortement en brun, devient hygrométrique et cède à l'eau, même froide, une certaine quantité d'acide métapectique. Dans l'eau le même effet se produit à l'ébullition, mais il faut un peu de temps.

L'acide pectique se dissout aisément dans les alcalis, même très-étendus. Il se dissout aussi dans un grand nombre de sels, surtout

(1) *Ann. de chim. et de phys.* [2], XXVIII, 173, et XLVII, 266.
(2) *Ann. de chim. et de phys.* [3], XXIV, 5.
(3) *Ann. de chim. et de phys.* [3], XXV, 5.

Digitized by Google

dans les sels ammoniacaux à acide organique, tartrique, malique, etc. Il se produit alors de véritables sels doubles solubles dans l'eau et incristallisables.

Ajoutons, pour terminer, que la pectose d'une betterave déchirée devient facilement de la *pectine* soluble, et que cette pectine, en quelques jours, donne de l'acide métapectique.

Voici la composition de l'acide pectique d'après Fremy :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	49.29	96	192	C^{32}
Hydrogène.....	4.85	11	22	H^{22}
Oxygène.....	52.86	120	240	O^{30}
	100.00	227	454	(1)

Voici maintenant celle de l'acide métapectique :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	37.80	48	48	C^{8}
Hydrogène.....	5.50	7	7	$H^{5}H^{2}$
Oxygène.....	56.70	72	72	$O^{7}O^{2}$
	100.00	127	127	

391. La betterave renferme des matières azotées neutres. Examinons celles déjà connues :

Albumine. — L'albumine est un des éléments les plus importants de la betterave. On sait que cette substance présente des variétés nombreuses. Dans les végétaux, on n'a pu parvenir à l'isoler d'une manière nette, et on ne sait à quelle variété d'albumine animale on doit la rattacher. Tout ce qui intéresse la fabrication du sucre peut être réduit à deux ou trois points :

(1) On reconnaît l'existence de la pectine et de l'acide pectique dans le tissu cellulaire des betteraves en plongeant des tranches minces, épuisées par l'eau distillée, dans un acide chlorhydrique étendu au vingtième d'acide réel (D = 1020 à peu près). Au bout d'un mois la liqueur renferme de la pectine et une addition suffisante d'alcool en opère la séparation. L'ammoniaque dissout ensuite l'acide pectique resté dans le tissu, désagrége ce dernier et donne une solution où le chlorure de calcium produit un abondant dépôt *gélatineux* (Payen).

Digitized by Google

1° L'albumine dissoute d'abord dans les jus peut en être séparée en coagulum par l'échauffement au-dessus de 80°.

2° L'albumine résiste à froid aux alcalis et, en particulier, complétement à la chaux, même après plusieurs années (Maumené).

Mais il n'en est pas de même à chaud. Lorsqu'on fait bouillir de l'albumine avec de la soude ou de la potasse caustique, un dégagement notable d'ammoniaque est produit, du carbonate alcalin prend naissance. L'ammoniaque paraît accompagnée d'une quantité notable d'ammoniaques composées, et le liquide contient, en outre, presque tout le soufre à l'état de sulfure de potassium ou sodium.

Schutzenberger a étudié cette action, en traitant l'albumine par un poids égal de baryte BaO (ou le double en baryte cristallisée), entre 100° et 140°. Il a reconnu : 1° la fixation de l'eau, 2° la formation de l'acide carbonique en quantité telle qu'il formerait du carbonate d'ammoniaque alcalin avec l'ammoniaque dégagé. L'azote de cet ammoniaque est au plus 1/9 de l'azote total. Il attribue cette corrélation à l'existence de l'urée $C^2H^4Az^2O^2$ dans l'albumine ; 3° la formation des acides oxalique, sulfureux, acétique, provenant d'une manière analogue de l'oxamide et de la taurine $C^4H^7AzS^2O^6$, autres constituants de l'albumine ; 4° la formation de la *tyrosine* $C^{18}H^{11}AzO^6$; 5° celle d'acides amidés de divers ordres (1).

La chaux produit des effets analogues, en solution concentrée.

La bétaïne (dont nous parlerons tout à l'heure) est peut-être un des dérivés formés sous l'influence alcaline.

Les acides ont peu d'effet sur l'albumine.

L'acide sulfurique étendu bouillant donne une certaine quantité de glucose (Schutzenberger).

L'acide concentré donne entre autres produits de l'acide aspartique (2) (facile à calculer, Loi de mélange, E. M.).

L'albumine offre des variétés nombreuses ; ces variétés sont distinctes par leur pouvoir rotatoire, d'après Béchamp (3).

(1) *Bull. de la Soc. chim.*, XXIII et XXIV.
(2) Même travail.
(3) *Journ. de pharm.* [4], XIX, 180.

Digitized by Google

Albumine du blanc d'œuf (soluble de Wurtz) $[\alpha]j$ = 33°.1 ↖ dans l'eau.
— — — = 32°.7 ↖ avec ac. acétique.
— — — = 34°.4 ↖ avec c. de soude.
Albumine du lait..... = 54°.5 ↖ avec ac. acétique.
— — — = 64°.8 ↖ avec c. de soude.
Albumine du sang..... = 00°.0 ↖
Caséine du lait caillé..... = 111°.7 ↖ avec c. de soude.

On a proposé un mode de dosage de l'albumine : Il suffit de la précipiter en combinaison avec le tannin, ce qui aurait toujours lieu en ajoutant au liquide un demi-volume de solution de chlorure de sodium à 2/10. Le précipité rassemblé sur un filtre lavé d'abord avec de l'eau, puis avec de l'alcool bouillant jusqu'à épuisement, céderait le tannin à l'alcool, et l'albumine resterait pure (1).

La composition de l'albumine est très-complexe. Elle renferme jusqu'à 1,2/100 de soufre. L'ensemble est représenté le plus simplement possible par la formule, suivant les uns, $C^{24}H^{20}Az^{3}O^{8}$, en faisant abstraction du soufre ; suivant d'autres, $C^{144}H^{112}Az^{18}O^{44}S$, en le conservant.

La première formule correspond à 15.50 pour 100 d'azote,
La seconde..... à 15.79 —

L'albumine pure s'obtient en faisant passer un courant d'acide carbonique dans une solution de blanc d'œuf et dix fois autant d'eau, filtrant, précipitant par l'acétate de $(PbO)^{3}$, lavant bien ce précipité, le traitant par HS, et faisant chauffer jusqu'à coaguler une petite partie de l'albumine. Le PbS est arrêté par le filtre ; on fait évaporer au bain-marie.

892. L'asparagine (*asparago*, asperge) est une substance parfaitement définie, cristallisable en prismes orthorhombiques, soluble dans l'eau, surtout dans l'eau bouillante, insoluble dans l'alcool absolu et l'éther. Sa saveur est neutre et fraîche. Elle est douée du pouvoir rotatoire.

(1) *Bull. de la Soc. chim.*, XXI, 73.

Digitized by Google

Gauche, quand elle est en solution dans l'eau ou les alcalis,
Droite, quand elle est dans un acide.

Les solutions alcalines concentrées la changent en aspartate en dégageant de l'ammoniaque, formule brute :

$$C^8H^8Az^2O^6 + 2\,KO = \underbrace{2\,KOC^8H^5AzO^6}_{\text{Aspartate de potasse.}} + H^3Az$$

Les acides forment avec l'asparagine des sels cristallisés. L'eau seule pourrait la changer en malate d'ammoniaque.

$$C^8H^8Az^2O^6 + 4\,HO = C^8H^4O^8(H^3Az.HO)^2$$

Cette transformation n'a pas encore été observée dans le cas inverse, c'est-à-dire en chauffant du malate pour reproduire l'asparagine.

Voici la composition :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	36.36	12	48	C^8
Hydrogène.....	6.06	2	8	H^8
Azote.....	21.22	7	28	Az^2
Oxygène.....	36.36	12	48	O^6
	100.00	33	132	

Elle contient, en outre, 2HO dits de cristallisation, qu'elle perd à 100°.

L'asparagine impure, dissoute, peut éprouver une autre altération : la faible acidité dont elle est douée en pareil cas disparaît, et est remplacée par une alcalinité sensible. On donne de cette action la formule brute :

$$C^8H^8Az^2O^6 + 2\,HO + H^2 = C^8H^4O^6(H^3AzHO)^2$$

Découverte par Vauquelin et Robiquet (*Ann. de Chimie* [2], LVII, 88), elle a été analysée par Liebig.

593. La bétaïne est sans doute la matière azotée entrevue par Braconnot. Voici ce que le docteur Scheibler en a fait connaître :

Digitized by Google

Elle cristallise en prismes très-volumineux, très-brillants, contenant de l'eau de cristallisation et déliquescents; très-solubles dans l'eau qui, saturée à + 25°, en renferme 61.8/100 de son poids et offre la densité 1.1177. Même aussi concentrée, elle n'a aucune action rotatoire. 1 gramme de bétaïne injectée dans les veines d'un lapin n'a aucune action.

La bétaïne est douée d'une saveur fraîche, sucrée. Elle n'a pas d'action sur les réactifs végétaux colorés.

Par la chaleur elle se boursoufle, donne une odeur de triméthylamine, puis de sucre brûlé, et laisse un charbon très-divisé.

Sa composition est, à 100° :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	51.28	60	60	C^{10}
Hydrogène.....	9.40	11	11	H^{11}
Azote.....	11.97	14	14	Az
Oxygène.....	27.35	32	32	O^4
	100.00	117	117	
Elle contient en outre.....			18	$(HO)^2$

La bétaïne forme des chlorures doubles : zinc, cadmium, mercure, platine, or. Ce dernier est

$$C^{10}H^{11}AzO^4.HCl.Au^2Cl^3$$

Il se précipite en aiguilles feutrées avec l'alcool dans les deux cas.

Sa formule est aussi la même

$$C^{10}H^{11}AzO^4.HCl.PtCl^2(HO)^4$$

Dans l'eau, il forme des cristaux volumineux (1).

L'acide chromique serait sans action; l'acide iodhydrique concentré n'en aurait pas davantage, même à 210°.

La potasse caustique donne plusieurs dérivés basiques, parmi lesquels la triméthylamine C^6H^9Az qui se dégage avec effervescence.

(1) *Bull. de la Soc. chim.*, XIII, 517.

Digitized by Google

Resterait une base nouvelle $C^{16}H^{17}AzO^{10}$, et cette action pourrait se représenter par

$$3\,C^{10}H^{11}AzO^{4} + 2\,HO = C^{16}H^{17}AzO^{10} + 2\,C^{6}H^{9}Az + 2\,CO^{2}$$

Ces résultats demandent un contrôle avant d'être acceptés (1).

L'auteur avait regardé la bétaïne comme isomère de l'*oxynévrine*, sans être identique; mais Liebreich a établi l'identité. Des cristaux, examinés par Rammelsberg et par Groth, la montrent.

394. La betterave contient plusieurs matières colorantes :

1° Une matière, incolore dans la racine, telle qu'on l'extrait de la terre, et qui devient rose, rouge vineux, violette, noire, lorsqu'on divise tout le tissu au contact de l'oxygène de l'air. Jusqu'à présent personne n'a isolé cette matière; elle paraît se rapprocher beaucoup de celle qui existe dans le raisin et dans une foule de végétaux, et que j'ai nommée *œnocyanine*. S'il en est réellement ainsi, la composition serait, d'après Glenard :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	57.14	12	240	C^{40}
Hydrogène.....	4.76	1	20	H^{20}
Oxygène.....	38.10	8	160	O^{20}
	100.00	21	420	

L'œnocyanine s'unit aux bases; Glenard a trouvé pour l'œnocyaninate de plomb $C^{40}H^{19}O^{19}$. PbO.

L'œnocyanine est un peu soluble dans l'eau, surtout acidulée

(1) *Bull. de la Soc. chim.*, XII, 482, et XVI, 272. — L'action de la potasse ne peut être celle de la formule Scheibler. L'équivalent de la potasse caustique est 56, et l'on a :

$$n = \frac{117}{56} = 2.09, \quad \text{soit } 2$$

$$2\,KO.HO + C^{10}H^{11}AzO^{4} = 2\,KO.CO^{2} + C^{8}H^{11}Az + 2\,HO \quad (a)$$
$$\text{ou} \qquad\qquad\qquad\qquad C^{8}H^{13}AzO^{2} \quad (b)$$

La formule (*a*) est très-probable : il se serait produit non pas de la trimonénamine (triméthylamine) $C^{6}H^{9}Az$, mais de la tétrénamine (butylamine) $C^{8}H^{11}Az$.

Puis une seconde action a lieu, mais elle ne peut donner d'aucune manière $C^{16}H^{17}AzO^{10}$.

Digitized by Google

par un acide végétal, très-soluble dans l'alcool, dont l'évaporation la dépose sous la forme d'un vernis, soluble aussi dans l'alcool monénique (esprit de bois), insoluble dans l'éther, l'hexafène (benzine), le décidène (essence de térébenthine), le chloroforme et le sulfure de carbone. Chauffée, elle se boursoufle, donne un acide d'une odeur spéciale, et laisse un charbon qui brûle sans résidu. L'eau bouillante l'attire assez promptement, et forme un corps brun dont l'alcool ne produit plus la dissolution; Glenard considère ce corps comme un simple isomère. L'œnocyanine est inaltérable dans l'oxygène, mais elle absorbe ce gaz sous l'influence des alcalis et devient brune; rougie par les acides, elle revient au bleu par le bicarbonate de soude. (Pour plus de détails, voy. mon *Traité des vins*, 2e édition, § 81.)

898. D'après Payen, la *chlorophylle* ferait partie des couleurs de la betterave. Cette matière, dont le nom exprime l'importance (χλωρὸς, vert; φύλλον, feuille), n'est pourtant pas encore, à beaucoup près, bien connue; de nombreux efforts ont seulement prouvé la complexité de sa composition. Elle paraît formée d'au moins quatre substances : deux jaunes ou brunes, dont l'une est azotée et l'autre ne l'est pas; une bleue ne se formant que sous l'influence de l'acide chlorhydrique en excès; et une jaune, soluble dans l'éther (Fremy et Filhol). Il faut le dire, aucune de ces matières n'offre, jusqu'à présent, des caractères de pureté suffisants; il serait impossible de leur attribuer une formule précise et de rapporter les faits à une *espèce* déterminée. D'après Sacks, la chlorophylle serait primitivement incolore, comme on le sait depuis longtemps, les plantes développées dans l'obscurité n'offrant pas de parties vertes; et elle deviendrait verte, non pas sous l'influence directe de la lumière, mais indirectement par l'oxygène actif ou devenu tel à la lumière. Du tissu cellulaire incolore, mais propre à devenir vert en peu d'instants au soleil, le devient instantanément dans l'acide sulfurique. Celui qui ne peut verdir à la lumière n'éprouve pas non plus ce changement dans l'acide.

Dans la betterave, le tissu chargé de chlorophylle paraît appar-

Digitized by Google

tenir seulement à la couche extérieure, surtout auprès du collet.

396. On a signalé dans la betterave une huile essentielle, odorante et âcre (Braconnot). Tous les auteurs l'admettent, mais là se bornent nos connaissances à son égard; l'odeur exhalée par les eaux distillées des fabriques est principalement l'odeur de cette huile inconnue. C'est probablement un hydrocarbure; la quantité en est faible et n'a pas encore permis de le recueillir.

397. La betterave contient-elle un ou plusieurs acides *libres?* La question est résolue pour plusieurs chimistes qui admettent au moins un acide. L'acide libre de la betterave serait de l'acide malique, d'après Payen.

Voici les principales propriétés de cet acide; il se compose de :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	35.82	24	48	C^8
Hydrogène.....	4.48	3	6	H^6
Oxygène.....	59.70	40	80	O^{10}
	100.00	67	134	

C'est de l'acide tartrique, moins 2 équivalents d'oxygène.

L'acide malique est cristallisable en prismes, très-solubles dans l'eau, déliquescents, d'une saveur acide agréable (celle de la pomme, *malum*). Sa dissolution aqueuse est levogyre, mais on connaît une variété inactive. L'acide malique ne donne de malate insoluble ni avec la chaux, ni avec la baryte, ni avec le plomb. Uni à l'acide azotique, il donne un précipité avec l'acétate, ce qui revient à dire que le malate de plomb est soluble dans l'acide azotique, mais insoluble dans l'acide acétique.

L'acide malique se dissout dans l'alcool.

Les malates de potasse et de soude sont déliquescents, celui de chaux est peu soluble, cristallisable en une poussière grenue.

Le malate de chaux, abandonné dans une petite quantité d'eau, se change peu à peu en succinate, avec formation de carbonate cristallisé (Dessaignes).

La levûre active cette transformation et produit de l'acétate avec dégagement d'acide carbonique et d'eau.

Digitized by Google

398. On trouve dans la betterave altérée au contact de l'air les acides nombreux formés par l'oxydation du sucre ; nous avons signalé les deux acides hexépique et triéjique (§ 54) et trois autres acides (§ 46).

Un mot sur ces trois acides.

L'acide hexabépique (saccharique) est amorphe, friable, déliquescent, soluble dans l'eau et l'alcool, doué du pouvoir dextrogyre. On admet jusqu'à présent que l'excès d'acide azotique le transforme en acide tartrique. Je crois qu'il y a là une erreur. Il doit se produire d'après la formule (b) un acide $C^{12}H^{10}O^{18}$ peu différent de l'acide tartrique par ses propriétés et par sa composition. Hornemann a trouvé de l'acide tartrique et de l'acide paratartrique ; il va jusqu'à en donner les proportions : 72.6 du premier, 27.4 du second. Je le répète, c'est une erreur. L'acide est hexabélique d'abord. Sa formule est

$$C^8H^6O^{12} \times \frac{3}{2} \text{ et } + H.$$

Cette différence est insaisissable à l'analyse (1).

L'acide hexabérique (oxysaccharique), comme on le voit, est presque de l'acide tartrique.

Enfin l'acide pentabélique est de l'acide tétrabélique (tartrique) $+ C^2H^2$. Il n'a pas encore été isolé. C'est une découverte de ma Théorie à vérifier.

399. L'acide tannique existe dans la betterave. Dehérain en a trouvé « souvent une proportion notable » (2).

Cet acide est formé de :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	50.94	27	108	C^{18}
Hydrogène.....	3.77	2	8	H^8
Oxygène.....	45.29	24	96	O^{12}
	100.00	53	212	

(1) *Journ. et prakt. Chem.*, LXXXIX, 305.

(2) *Cours de chimie agricole*, p. 161.

Digitized by Google

La qualité des betteraves, au point de vue des facilités de la fabrication, doit être en rapport avec la proportion de cet acide ; aussitôt produit, le jus est purifié des matières azotées albuminoïdes par leur union avec l'acide et le dépôt du composé très-peu soluble ainsi formé.

On ne s'est pas assez préoccupé de ce sujet dans les analyses ; il mérite de l'attention.

MATIÈRES SALINES

600. On trouve dans les jus sucrés, malheureusement, beaucoup de sels. Voici d'abord ceux de la betterave :

La betterave renferme des acétates à base alcaline, potasse, soude (Braconnot). Ces sels méritent de l'attention, quoique leur quantité soit très-faible.

L'acétate de potasse est extrêmement déliquescent, par conséquent très-soluble dans l'eau. D'une saveur un peu amère. Il est soluble dans l'alcool, même absolu : l'acide carbonique, dans ce dernier, forme un dépôt de carbonate de potasse, et met en liberté l'acide acétique, capable de résister presque à la chaleur rouge.

Chauffé fortement, il donne du carbonate de potasse et de l'acétone (1).

L'acétate de soude cristallisable, peu altérable à l'air, est soluble dans l'eau, et résiste comme le précédent à la chaleur rouge sombre.

Voici la composition de ces deux sels :

(1) On a :

M $$n = \frac{51}{47} = 1.08, \quad \text{soit} \quad \frac{11}{10}$$

$$11\,KO + 10\,C^4H^3O^3 = 10\,KO.CO^2 + 10\,C^3H^3O + KO$$

Le onzième $C^4H^3O^3$ donne en partie $1\,KO.CO^2 + C^3H^3O$

L'action est donc à bien peu près :

$$KO.C^4H^3O^3 = KOCO^2 + C^3H^3O$$

Digitized by Google

Acétate de potasse.

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	24.49	24	24	C^4
Hydrogène.....	3.06	3	3	H^3
Oxygène.....	24.49	24	24	O^3
Potasse.....	47.96	47	47	KO
	100.00	98	98	

Acétate de soude.

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	29.27	24	24	C^4
Hydrogène.....	3.66	3	3	H^3
Oxygène.....	29.27	24	24	O^3
Soude.....	38.00	31	31	NaO
	100.00	82	82	

601. La betterave renferme des oxalates, mais en petite quantité. Voici la liste de ceux que l'analyse a fait reconnaître, leurs propriétés et leur composition.

Oxalate de potasse (Dubrunfaut, Braconnot, Payen). — Sel parfaitement cristallisé, soluble dans l'eau, très-stable et neutre, donne par calcination du carbonate de potasse et de l'oxyde de carbone.

Oxalate de soude (Payen). — Sel cristallisable, neutre, soluble, donne par calcination du carbonate de soude et de l'oxyde de carbone.

Oxalate d'ammoniaque (Dubrunfaut). — Sel cristallisable, un peu moins soluble que les précédents, donne par calcination de l'*oxamide*, $C^2H^2AzO^2$, qui semble être de l'oxalate d'ammoniaque, moins deux équivalents d'eau (Dumas).

$$C^2O^3H^3AzHO - 2\,HO = C^2H^2AzO^2$$

L'oxamide a une grande importance théorique; mais elle ne se produit jamais dans les circonstances de la fabrication.

Oxalate de chaux (Dubrunfaut, Braconnot, Payen). — Sel parfaitement insoluble dans l'eau, très-peu soluble, même dans l'eau acidulée, soluble dans quelques acides, et précipitable de ces solu-

Digitized by Google

tions quand on les étend d'eau, ou quand on les neutralise par un alcali. Donne des cristaux lorsque cette séparation a lieu avec une lenteur suffisante, ce qui arrive dans la vessie humaine, où il forme alors le plus dangereux de tous les *calculs*.

Produit, à la chaleur rouge sombre, du carbonate de chaux et de l'oxyde de carbone.

COMPOSITION DES OXALATES

Oxalate de potasse.

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	14.46	12	12	C^2
Oxygène.....	28.91	24	24	O^3
Potasse.....	56.63	47	47	KO
	100.00	83	83	
Il contient en outre 1 équivalent d'eau.....			9	HO

Oxalate de soude.

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	17.91	12	12	C^2
Oxygène.....	35.82	24	24	O^3
Soude.....	46.27	31	31	Nao
	100.00	67	67	

Oxalate d'ammoniaque.

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	19.36	12	12	C^2
Oxygène.....	38.71	24	24	O^3
Ammoniaque.....	27.42	17	17	H^3Az
Eau.....	14.51	9	9	HO
	100.00	62	62	

Oxalate de chaux.

	En centiemes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Carbone.....	18.75	3	12	C^2
Oxygène.....	37.50	6	24	O^3
Chaux.....	43.75	7	28	CaO
	100.00	16	64	

Digitized by Google

Les oxalates sont formés dans la betterave par l'oxydation partielle du sucre ou d'un corps de même formule $C^m(HO)^x$. L'oxygène de l'air entraîné par la pluie ou la simple absorption, produit une série d'oxydations dont nous avons cité la première (p. 42). Quand les C^{12} du sucre (par exemple) ont pu absorber O^{18}, ce corps est transformé en acide oxalique; il est facile de voir pourquoi cette transformation est lente, pourquoi il se produit très-peu d'acide, et comment les alcalis du sel suffisent à faire les oxalates.

602. La betterave renferme des malates; peut-être l'acide libre n'est-il que du bimalate d'ammoniaque. Voici les propriétés de ces sels :

Malate de potasse. — Très-soluble dans l'eau, déliquescent, incristallisable, insoluble dans l'alcool.

Malate de soude. — Déliquescent, incristallisable.

Malate de chaux. — Est capable de formes diverses et de plusieurs degrés d'hydratation, suivant son origine.

1° Par l'acide et l'eau de chaux, lames brillantes avec 4HO (évaporation dans le vide froid) très-solubles dans l'eau et décomposables par la chaleur même dans leur dissolution en malate à 2HO très-peu soluble (poudre grenue) et 2HO *libres*.

2° Le bimalate traité par du carbonate donne un sel à 6HO. Le malate de chaux abandonné dans l'eau se change peu à peu en succinate; il se forme en même temps du carbonate et un mucilage. Les mêmes effets peuvent être produits plus rapidement sous l'influence des matières azotées (levûre, fromage, etc.), on observe alors de l'acide acétique et plus tard un corps huileux dont l'odeur agréable rappelle la pomme (Liebig).

Malate d'ammoniaque. — Très-soluble, incristallisable.

Il existe des bimalates :

Bimalate de potasse. — Inaltérable à l'air, cristallisé soluble dans l'eau mais non dans l'alcool.

Bimalate de soude. — Peut se confondre avec le précédent.

Bimalate de chaux. — Exige environ 50 parties d'eau froide pour se dissoudre, mais moins d'eau bouillante (?), perd les trois

Digitized by Google

quarts de son eau (6 sur 8HO) à 100 degrés, devient anhydre à 180 degrés.

Bimalate d'ammoniaque. — Cristallise bien, donne par la chaleur de l'eau et de la tétrébazilide (fumarimide) $C^8H^3AzO^4$.

Les malates partagent l'action rotatoire de leur acide ; quelques-uns sont actifs, ou inactifs. Leur quantité dans les jus sucrés est assez faible pour ne produire aucun trouble digne d'attention dans les études polariscopiques.

Composition générale des malates :

Malate de potasse (anhydre).

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En nombres d'équivalents.	
Carbone.....	22.86	24	48	C^8
Hydrogène.....	1.90	2	4	H^4
Oxygène.....	30.48	32	64	O^8
Potasse.....	44.76	47	94	$(KO)^2$
	100.00	105	210	

Bimalate d'ammoniaque.

Carbone.....	33.80	48	48	
Hydrogène.....	2.82	4	4	
Oxygène.....	45.07	64	64	
Ammoniaque...	11.97	17	17	
Eau.....	6.34	9	9	
	100.00	142	142	

La betterave peut contenir des tartrates, urates et d'autres sels, mais leur quantité serait très-faible ; ils n'ont pas encore été constatés.

SELS D'ACIDES MINÉRAUX

603. On trouve presque toujours dans la betterave des azotates. Braconnot et Payen ont reconnu l'azotate de potasse, dont l'existence est assez facile à établir par l'analyse (§ 474), et s'est révélée très-souvent par des accidents de fabrication quelquefois terribles (t. II).

Digitized by Google

L'azotate de potasse est connu depuis l'antiquité sous le nom de salpêtre. Il cristallise parfaitement en prismes hexagonaux dérivés d'un rhomboèdre de 106° 36′, et en prisme orthorhombique de 119° 10′.

Il se forme dans un grand nombre de circonstances naturelles : 1° Dans les pays très-chauds, dans l'Inde par exemple, où il résulte évidemment de l'union des deux gaz de l'atmosphère, azote et oxygène, sous l'influence des puissantes effluves électriques au moment des orages, presque quotidiens, de ces contrées. 2° Par l'union des mêmes gaz en solution dans l'eau dont sont baignées certaines masses poreuses (craie de la Roche-Guyon, etc.). 3° Par l'oxydation de l'ammoniaque absorbé dans l'eau où l'oxygène vient lui-même se dissoudre, au sein des pierres poreuses, plâtres des écuries, des caves, etc., ou dans les végétaux, comme la betterave, dont les parois cellulaires produisent une osmose énergique et l'action des deux corps.

M $n = \frac{17}{8} = 2.12$ $\quad 2O + H^3Az = HAz + 2HO$, etc.

et successivement, 2e action... $2O + HAz = AzO + HO$
3e action... $3O + AzO = AzO^4$
4e action... $6O + AzO^4 = AzO^5 + 5O$

Je supprime pour abréger les calculs des trois dernières actions; mais j'insiste sur ces détails pour bien faire comprendre le mécanisme de cette action très-importante pour les fabricants et jusqu'à présent inexpliquée.

Le salpêtre purifié par cristallisation est alors soluble dans l'eau, surtout quand elle est chaude; neutre, d'une saveur fraîche, puis un peu amère, fusible à 327° (Maumené), décomposable au rouge en produits nombreux.

$$23\,AzO^5KO = 20KO^4 + 3KO^2 + 17\,AzO^2 + 3\,AzO^4 + 3\,Az + 6O$$

les $17\,AzO^2 + 6O$ donnent en partie un peu plus de AzO^4 (Maumené).

Les alcalis n'ont aucune action sur l'azotate de potasse.

Les matières organiques, le sucre en particulier, peuvent avec du

Digitized by Google

temps, dans les dissolutions aqueuses, agir sur l'azotate de potasse et développer du bioxyde d'azote (§ 103).

Voici la composition de l'azotate de potasse :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Acide azotique...	53.47	54	54	AzO^5
Potasse.....	46.53	47	47	KO
	100.00	101	101	

604. La betterave renferme toujours des sulfates, mais en petite quantité.

Le sulfate de potasse a été reconnu par Dubrunfaut, Braconnot et Payen.

C'est un sel parfait aux yeux des chimistes, c'est-à-dire un type des sels, parce que l'acide et la base neutralisent complétement et réciproquement leur action.

Il cristallise en deux formes comme l'azotate :

Prisme orthorhombique de 120° 24′, et rhomboèdre de 88° 14′.

Il est soluble dans l'eau, surtout chaude, d'une saveur faible, amère, décomposable par le fer et quelques autres métaux, en potasse pure, oxyde et sulfure du métal. Composition du sulfate :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Acide sulfurique..	45.98	40	40	SO^3
Potasse.....	54.02	47	47	KO
	100.00	87	87	

605. Le sulfate de chaux n'a pas été jusqu'ici l'objet d'une constatation directe, mais il est si difficile de faire cette constatation, que l'absence du sel n'est pas démontrée; elle est même rendue plus que douteuse par l'existence du sulfate de potasse et du phosphate de chaux, en même temps, dans une racine faiblement acide. D'ailleurs le sulfate de chaux prend naissance dans le travail alcalin, et il joue un rôle très-fâcheux pendant les évaporations et la cuite. Nous devons donc indiquer ici ses propriétés principales.

C'est un sel cristallisable en prismes klinorhombiques de 114 degrés, dont les modifications nombreuses sont remarquables. Une

Digitized by Google

variété bien connue, dite en *fer de lance*, résulte du groupement de deux cristaux lenticulaires ; sa composition est :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Acide sulfurique..	46.51	20	40	SO^3
Chaux.....	32.56	14	28	CaO
Eau.....	20.93	9	18	$(HO)^2$
	100.00	43	86	

Le sulfate de chaux est ordinairement nommé gypse ; *plâtre* quand il est anhydre, etc. Il est peu soluble dans l'eau, 2 grammes de sel anhydre ou $2^{gr},529$ de sel hydraté dans un litre d'eau à + 12 degrés 5 (1). L'eau chaude le dissout moins bien.

1000 gr. d'eau dissolvent	1.904	de sel anhydre	à 0°.....		2.409 crist.
—	—	2.146	—	à + 38° (maximum)..	2.714
—	—	1.751	—	à + 99°.....	2.215

Par évaporation, les dissolutions abandonnent le sulfate de chaux en un dépôt très-cohérent, surtout en présence de certains sels (§ 468), dépôt qui exige de grands efforts mécaniques pour être détaché, la faible solubilité ne permettant de l'enlever, ni par l'eau, ni même par les acides.

Le chlorure de sodium favorise sa solubilité. 1000 grammes de solution saturée peuvent en dissoudre $8^{gr}.2$; les acides, plus encore ; l'acide sulfurique, concentré surtout, forme un bisulfate $(SO^3)^2$ CaOHO, que l'eau décompose.

Le sulfate de chaux perd son eau à froid dans le vide sec (Maumené) ; en le chauffant dans l'air, il suffit de 120 degrés pour produire le même effet ; ainsi déshydraté, il constitue le plâtre, qui délayé dans une quantité d'eau convenable (35 à 40/100) forme en peu de temps une masse solide de petits cristaux de gypse enchevêtrés et imprégnés du maximum d'*humidité* (2).

Abandonné dans de l'eau où se trouvent en même temps certaines

(1) *Ann. de chim. et de phys.* [5], III, 477.

(2) La *prise* du plâtre ordinaire qui contient du carbonate est activée par l'acide sulfurique (*Bull. de la Soc. chim.*, XXII, 419).

Digitized by Google

matières organiques, le plâtre leur cède son oxygène et se réduit en sulfure de calcium, dont l'acide carbonique suffit à dégager de l'acide sulfhydrique, soit par lui-même, soit par son action avec les matières organiques, cet acide développe des odeurs très-fétides.

606. On a trouvé dans la betterave trois phosphates: de potasse, de chaux, de magnésie.

Phosphate de potasse (Dubrunfaut). — C'est un sel cristallisé formé de :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Acide phosphorique.	40.80	71	71	PhO^5
Potasse.....	54.02	94	94	$(KO)^2$
Eau.....	5.18	9	9	HO
	100.00	174	174	

Il est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool.

Phosphate de chaux (Payen et Braconnot). — Ce sel est, comme l'oxalate, intimement lié au tissu cellulaire de la betterave. On ne le trouve que dans la pulpe. Il est probable qu'il est neutre et formé de :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Acide phosphorique.	43.56	71	71	PhO^5
Chaux.....	34.35	56	56	$(CaO)^2$
Eau.....	22.09	36	36	$(HO)^4$
	100.00	163	163	

Phosphate de magnésie (Payen et Braconnot). — Peu soluble dans l'eau pure, il se dissout aisément dans l'eau acidulée. On peut l'obtenir en aiguilles hexagonales, composées de :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Acide phosphorique.	28.86	71	71	PhO^5
Magnésie.....	16.26	40	40	$(MgO)^2$
Eau.....	54.88	135	135	$(HO)^{15}$
	100.00	246	246	

L'action prolongée de l'eau bouillante le dédouble : une partie de l'acide devient libre, et il reste du phosphate tribasique insoluble,

Digitized by Google

$PhO^5(MgO)^3(HO)^7$. Il est probable qu'une action toute semblable a lieu pour le phosphate neutre de chaux.

L'ammoniaque donne aisément avec le phosphate neutre de magnésie un phosphate double, cristallisé, un peu soluble dans l'eau pure, mais insoluble quand l'eau contient des sels. Il est formé de :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Acide phosphorique.	28.98	71	71	PhO^5
Magnésie.....	16.33	40	40	$(MgO)^2$
Ammoniaque.....	6.93	17	17	H^3Az
Eau.....	47.76	117	117	$(HO)^{13}$
	100.00	245	245	

Porté au rouge, ce phosphate offre brusquement l'incandescence et se réduit à du pyrophosphate de magnésie, $PhO^5(MgO)^2$.

607. La betterave contient une certaine quantité de chlorures.

Chlorure de potassium (Payen et Braconnot). — Ce composé cristallise en cubes, quelquefois en octaèdres; il est très-soluble dans l'eau, d'une saveur fraîche et amère, insoluble dans l'alcool et incapable de s'unir au sucre d'une manière stable. On y trouve :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Chlore.....	47.65	71	35.5	Cl
Potassium.....	52.35	78	39	K
	100.00	149	74.5	

Le chlorure de potassium fond au rouge obscur (dans le verre, Maumené). Il donne de la vapeur de plus en plus avec l'élévation de la température.

Chlorure de sodium (Payen). — C'est le corps bien connu sous le nom de *sel marin*, dont l'homme et la plupart des animaux aiment assaisonner leurs aliments. Il est formé de :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Chlore.....	60.65	71	35.5	Cl
Sodium.....	39.35	46	23	Na
	100.00	117	58.5	

Digitized by Google

Il fond au rouge, et devient fluide comme l'eau : il donne des vapeurs. L'eau le dissout très-peu plus à chaud qu'à froid.

100 parties d'eau dissolvent 36 parties de chlorure à + 15°
100 — — — 40 — — à + 109°.7

Le chlorure de sodium a une saveur bien connue : il peut s'unir de la manière la plus nette avec le sucre, et donne, comme je l'ai reconnu le premier, des cristaux dont l'aspect a un caractère bien tranché. Ces cristaux n'ont qu'une saveur faible. Le chlorure de sodium est insoluble dans l'alcool.

Chlorhydrate d'ammoniaque. — (Admis par Dubrunfaut et Payen ; Braconnot ne cite qu'un « *sel ammoniacal indéterminé* ».) Le chlorhydrate d'ammoniaque est un sel véritable, formé de :

	En centièmes.	En nombres entiers les plus simples.	En poids d'équivalents.	
Acide chlorhydrique.	68.23	73	36.5	HCl
Ammoniaque.....	31.77	34	17	H^3Az
	100.00	107	53.5	

On l'obtient facilement en beaux cristaux ; est connu depuis l'antiquité sous le nom de *sel ammoniac ;* il rend service dans tous les cas où l'on a besoin de *décaper* les métaux. Il change l'oxyde formé sur leurs surfaces en chlorure fusible, avec dégagement d'eau et d'ammoniaque.

$$HCl.H^3Az + MO = MCl + HO + H^3Az$$

L'eau le dissout. 100 parties d'eau en prennent

36 parties à + 18°
89 parties à + 100°

Cette dissolution peut dissoudre certains oxydes, par exemple celui de zinc, etc. L'alcool absolu ne le dissout pas. Le chlorhydrate d'ammoniaque est volatil au-dessous du rouge. Il paraît incapable de s'unir avec le sucre.

608. On trouve dans la betterave une certaine quantité de *silice* (Dubrunfaut, Payen). Il est plus que probable que cette silice ou acide silicique existe combiné avec la potasse. Il me semble

Digitized by Google

peu utile de s'arrêter sur ce silicate qui ne joue aucun rôle sensible dans la fabrication. Je dirai seulement que sa décomposition, assez facile dans les liquides étendus, entraîne un dépôt de silice qui augmente la dureté des dépôts calcaires, carbonate et sulfate.

609. L'alumine a été signalée par Dubrunfaut. Les autres auteurs n'en parlent pas; sans nier en aucune façon l'existence de ce corps, il est difficile de dire à quel état il se trouve dans la betterave.

610. L'oxyde de fer a été reconnu par tous les auteurs. A quel état?

611. L'oxyde de manganèse est admis par Dubrunfaut. Même question.

612. *Rubidium et cœsium*. — La betterave renferme de petites quantités du premier métal.

1 kilogramme de salin correspondant à $323^{kil},5$ de betterave a donné $1^{gr},88$ de chlorure de rubidium, moyenne de deux analyses presque identiques. Sous une autre forme, on peut dire : 1000 kilogrammes de betteraves donnent $5^{gr},811$ de chlorure (1).

Le cœsium paraît ne pas exister en quantité appréciable.

613. Le cuivre lui-même paraît exister en quantités très-petites, mais saisissables au spectromètre, et à titre d'élément naturel, dans les betteraves (2).

614. Enfin Dubrunfaut et Payen ont cru reconnaître du soufre dans la betterave; le premier dit seulement des « traces », et avec doute.

J'avoue que le doute me paraît nécessaire. Aucun fait n'est cité à l'appui de cette étrange assertion.

615. On possède peu d'analyses quantitatives des divers éléments dont nous venons de parler. Voici les résultats connus :

(1) Grandeau, *Ann. de chim. et de phys.* [3], LVII, 210.
(2) *Comptes rendus*, LXXX, 232.

Digitized by Google

Dans les jus de betterave, l'ammoniaque dosée immédiatement par Reiset lui a offert sur 100 grammes (1) :

	0.772
	0.441
	0.544
	0.534
	0.740
	0.775
Moyenne.....	0.634

Les vinasses destinées à de nouvelles macérations en conservent 0.485.

616. La composition totale des betteraves a été étudiée très-attentivement par R. Hoffmann (2).

Ces racines, utilisées dans les environs de Prague à Libesnitz, dans une terre dont voici l'analyse, en centièmes :

Silice.....	57
Alumine et oxyde de fer.....	28
Potasse.....	1.8
Soude.....	1.4
Chaux et magnésie.....	3.1
Acide phosphorique.....	0.3
Eau et matières organiques.....	6.52
	98.12

ont donné par pied, en moyenne :

	30 juin.	31 août.	31 octobre.
Feuilles.....	99.8	248	750
Racine.....	50.8	304	802
	150.6	752	1552
Feuilles fraîches.			
Eau.....	88.50	87.91	87.00
Substances non azotées { solubles..	4.08	3.96	4.77
Substances non azotées { cellulose..	1.20	2.20	1.60
Substances azotées.....	2.12	2.33	2.83
Cendres.....	4.10	3.60	3.80
	100.00	100.00	100.00

(1) *Comptes rendus*, LXVI, 177.
(2) *Bull. de la Soc. chim.*, II, 393.

Digitized by Google

[illegible] surtout du glucose » (1). L'auteur ne dit pas [illegible] du sucre.

Racines fraiches.

[illegible]	89.20	83.20	75.20
[illegible]	1.00	9.42	15.00
Substances non azotées — solubles	4.13	3.34	4.23
Substances non azotées — cellulose	1.01	1.50	2.07
Substances non azotées — pectiques, colorantes, grasses (l'éther dissout 0.13 de matières grasses)	0.00	0.00	0.00
Substances azotées	1.00	1.64	2.20
Cendres	0.66	0.90	1.30
	100.00	100.00	100.00

Les cendres se composaient de :

	Feuilles.	Racines.
Potasse	24.134	50.895
Soude	13.011	5.765
Chaux	17.796	9.838
Magnésie	18.316	6.742
Oxydes de fer et manganèse	2.331	1.127
Silice	5.110	3.422
Acide phosphorique	6.932	16.265
Acide sulfurique	7.361	4.017
Chlore	5.009	1.929
	100.000	100.000

L'augmentation du sucre étudiée en 1859 et 1860 sur des betteraves de Turmitz (Bohême) a été :

1859		1860	
25 août	— 1.01	25 août	+ 0.68
13 septembre	+ 1.13	5 septembre	+ 0.23
22 septembre	+ 1.00	25 septembre	+ 0.59
8 octobre	— 0.01	5 octobre	+ 2.05
21 octobre	+ 0.59	25 octobre	+ 1.13
5 novembre	+ 0.42	5 novembre	+ 0.14

Les substances non azotées solubles, diminuent à mesure que le sucre augmente. Les betteraves au-dessus de 1 kilogramme sont plus riches qu'au-dessous. Il n'existe aucun rapport constant entre le sucre et les cendres.

(1) *Cours de chimie agricole*, p. 161.

Digitized by Google

617. Ajoutons les résultats obtenus par Pagnoul, et signalés par lui dès 1869 : 1° les betteraves sont d'autant plus riches en sucre qu'elles sont tenues plus rapprochées ; 2° les racines contiennent d'autant moins de sels qu'elles renferment plus de sucre ; 3° la proportion des chlorures fournis par les cendres est d'autant plus grande que ces sels sont plus abondants dans le sol et dans les engrais ; 4° la proportion des autres sels alcalins contenus dans la racine dépend non pas de la richesse du sol et des engrais en matières salines, mais bien de leur richesse en azote (1).

Champion et Pellet ont donné un résumé d'expériences et de considérations qui sont en accord sur un point capital avec celles de Pagnoul. Ils croient que « quelle que soit la richesse saccharine des betteraves, un même poids de sucre correspond d'une manière très-générale à un poids constant de substances minérales contenues dans le végétal complet (racines et feuilles). Ce résultat s'applique à la culture normale ; mais dans le cas où, par suite de la nature des engrais, le rapport entre la soude et la potasse s'éloigne du rapport moyen, le poids des cendres correspondant à un même poids de sucre variera proportionnellement aux équivalents de la soude et de la potasse. Il en sera de même pour la chaux et la magnésie. Toutefois nous devons ajouter que lorsqu'on met les betteraves en présence d'un excès de certains sels, il peut y avoir absorption par les radicelles, des substances salines, qui sont introduites mécaniquement sans participer à la composition de la betterave... » (2).

Peu de personnes, je crois, admettront cette dernière assertion.

618. Il est très-important de noter la quantité d'eau des betteraves. Les uns pensent que cette quantité n'est soumise à aucune règle : je suis de cet avis. Les autres croient que l'eau est proportionnellement plus abondante dans les grosses betteraves : Aucune analyse bien faite ne le prouve. On n'a jamais tenu compte du temps écoulé depuis l'arrachage, et cette donnée est nécessaire (§ 583). Les analyses que j'ai faites, en ayant soin de noter ce temps,

(1) *Comptes rendus*, LXXX, 1010.
(2) *Comptes rendus*, LXXX, 1014.

Digitized by Google

me font regarder la proportion d'eau comme essentiellement variable.

On en verra la preuve dans l'article suivant.

619. Corenwinder a donné les analyses suivantes (1) :

L'auteur a examiné des betteraves ne contenant pas plus de 2 à 3 centièmes de sucre; d'autres (notamment d'Allemagne) atteignaient 15 à 18 centièmes :

Les matières salines sont données comme elles se séparent en cristallisant.

« Pour le raffineur de potasse et le fabricant de salpêtre », ajoute l'auteur, « il est utile de connaître les localités où les salins de betteraves sont riches en sels de potasse ». Malheureusement cette condition locale est modifiée plus ou moins profondément par l'emploi des engrais chimiques ou autres.

« Les personnes qui n'ont pas eu l'occasion d'analyser des salins de betteraves seront étonnées de voir l'énorme différence qui existe entre les cendres de diverses localités au point de vue du carbonate de potasse qu'on peut en extraire. On ne manquera pas d'observer que lorsque le carbonate de potasse est en abondance, le carbonate de soude diminue. Aussi les manufacturiers qui exploitent les salins de betterave savent-ils qu'il importe dans leur évaluation de ne pas se contenter du titre alcalimétrique des potasses brutes du commerce, mais qu'il faut en faire une analyse complète pour connaître leur teneur en sel de potasse. »

(1) *Comptes rendus*, LX, 154.

Digitized by Google

	QUESNOY SAINT-DEULN.					ST-OMER.	DUNKERQUE.	LILLE.	NEVERS.	AISNE.
			Tourteaux.							
	Nul.	Flamand.	Racines.	Collets.	Guano.	(Marais). Limon.	(relais de mer).	Flamand (beaucoup).	Flamand et fumier.	Flamand et fumier.
Eau	85.55	85.30	85.65	86.76	86.00	88.74	87.26	89.70	84.72	78.50
Sucre	10.09	9.73	9.53	6.60	8.80	6.82	7.15	5.22	11.00	13.75
Cellulose, albumine, etc.	3.644	4.167	4.091	5.773	4.532	3.418	4.512	4.209	3.510	6.450
Matières minérales	0.716	0.803	0.729	0.867	0.668	0.972	1.078	0.871	0.770	1.300
	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Composition des cendres.										
Carbonate de potasse	33.362	27.832	25.618	6.126	31.241	»	7.714	18.399	54.428	44.999
Carbonate de soude	20.499	22.745	26.268	30.632	19.756	34.456	39.644	30.277	4.031	5.562
Sulfate de potasse	4.963	5.160	6.923	10.813	6.917	4.767	3.760	4.468	4.084	6.037
Chlorure de potassium	10.861	15.522	11.309	9.069	8.108	33.877	30.971	20.807	14.471	18.145
Chlorure de sodium	»	»	»	»	»	7.492	»	»	»	»
Phosphate de soude et pertes.	4.249	4.614	4.543	1.920	4.551	4.172	3.843	3.313	0.747	0.585
Matières insolubles	26.066	24.127	25.339	41.440	29.427	15.236	14.068	22.736	22.239	24.672
	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

Digitized by Google

620. Ainsi, en résumé, la betterave contient :

SUBSTANCES NEUTRES			
1° Non azotées.			
Eau	HO	919	à 747
Sucre normal	$C^{12}H^{11}O^{11}$	40	à 180
Sucre inverti accidentel			
Cellulose	$C^{12}H^{10}O^{10}$	20	à 40
Amidon	$C^{12}H^{10}O^{10}$		
Mucilage	$C^{12}H^{10}O^{10}$		
Mannite	$C^{12}H^{14}O^{12}$		
Matières colorantes (œnocyanine)	$C^{10}H^{10}O^{10}$		
Huile essentielle	x	?	
Résine verte amère	x'		
2° Azotées.			
Albumine	$C^{24}H^{20}Az^3O^8$		
Asparagine	$C^8H^8Az^2O^6$	1	à 3
Bétaïne	$C^{10}H^{11}AzO^4$	0.1	à 0.25
SUBSTANCES ACIDES			
Acide tétrabéjique (malique)	$C^8H^6O^{10}$	?	
Acides hexépique, etc. (accidentels)			
SELS			
Organiques. Acétates, Oxalates, Malates, Hexépates, etc. (accidentels)	à base de potasse, soude, chaux, ammoniaque, magnésie, oxydes de rubidium, oxydes de cæsium.	20	à 30
Minéraux. Sulfates, Azotates, Chlorures, Phosphates, Silicates			
SUBSTANCES DONT L'ÉTAT N'EST PAS DÉTERMINÉ			
Alumine			
Oxyde de fer			
Oxyde de manganèse			
		1000	1000

Digitized by Google

Cette liste n'est certainement pas complète : il existe, probablement, dans la betterave d'autres matières, en quantité plus ou moins notable, échappées à l'analyse jusqu'à présent. Tout aussi probablement ces substances n'auraient pas d'influence considérable sur les vues inspirées par le tableau, soit au chimiste, soit au fabricant.

La densité du jus peut varier de 3 à 10 degrés densimétriques.

CANNES (*Arundo saccharifera*, etc.).

621. D'après tous les technologistes, les cannes à sucre peuvent se rattacher à trois types, ou même deux :

1er TYPE. — *Saccharum officinarum* (Linné).

I. Canne créole (*Saccharum commune*). — Variété la plus anciennement connue, longtemps cultivée seule à Madère, d'où elle a passé dans les autres contrées, n'a point dégénéré.

II. Canne d'Otaïti (*Saccharum otahitense*). — Plus grande, mais dont le suc est plus aqueux; moins ancienne.

2e TYPE. — *Saccharum violaceum* (Tussac).

III. Canne violette (*Saccharum violaceum*). — Chaume et feuilles violettes, panicule étalée; épis triandriques, glumes à quatre nervures, avec de très-longs poils sur le dos, fleurit en août; suc plus aqueux, mais très-abondant. Elle donne difficilement du sucre en grains; mais facilement du rhum, dont la majeure partie vient des produits de sa fermentation. Il en existe une variété dont les feuilles restent vertes. Peut-être a-t-on confondu avec l'*espèce* suivante.

IV. Canne du Japon, nommée à tort *Saccharum japonicum;* c'est une graminée du genre *Erianthus*.

Toutes les cannes, et en général tous les végétaux saccharifères, contiennent le maximum de sucre avant la fructification. L'extraction de la séve des érables empêche cette dernière.

Digitized by Google

622. La composition de la canne a été l'objet d'assez nombreuses études. Proust en fit un premier examen à une époque où la science ne permettait pas encore des évaluations très-exactes; il indiqua dans les cannes de Malaga (Espagne), outre le sucre, du sucre de fruits, de la fécule verte, de la gomme (?), de l'acide malique, du sulfate de chaux et de l'*extractif*. Cette canne mise dans l'eau abandonne avant l'ébullition une nappe verdâtre, féculente, qui ne diffère pas de celle du raisin ou de la groseille, et donne de l'ammoniaque en abondance à la distillation. La quantité de vesou est de 50/100 seulement, sa densité 1036 à 1108. Cette dernière correspond à un rendement de 12 à 13/100 en sucre brut dans les meilleures conditions. Le raffinage réduit ce sucre d'un tiers; le sucre brut contient :

Sucre	75
Sucre de fruits	24.438
Gomme	0.312
Malate de chaux	0.250
Extractif	inappréciable.
	100.000 (1).

Proust a trouvé en outre une fécule verte et du sulfate de chaux dans la canne (Malaga).

« Une tranche de canne mise dans l'eau de tournesol la rougit fortement; le suc n'est pourtant pas sensiblement aigre au goût, parce que l'*acide n'y est qu'en fort petite quantité*... »

La potasse est absente; le chlorure de platine ne donne aucun précipité.

Le sirop, débarrassé de la gomme et du sulfate calcaire par l'alcool, précipite abondamment par les azotates d'argent et de plomb. L'eau de chaux donne un précipité; la liqueur devient verte. Le chlorure d'étain donne une laque blanchâtre. Le sirop distillé avec l'acide sulfurique ne donne pas « un soupçon » d'acide volatil.

Cuit avec de la craie et filtré, le vesou donne par l'alcool du malate de chaux, mais en si petite quantité, qu'il comprend pourquoi Macquet et Darcet n'ont pas trouvé d'acide dans le suc de cannes (2).

(1) *Ann. de chim.*, LVII, 131.
(2) *Ann. de chim. et de phys.*, LVII, 148.

Digitized by Google

Peligot donna ensuite une analyse de cannes séchées à + 60 degrés, et de vesou conservé par le procédé d'Appert. Ce dernier parfaitement conservé, de fluidité moyenne, tient en suspension la matière globulaire grisâtre des sucs de presque tous les végétaux, celle qui devient ferment et transforme le sucre en visqueux (Vauquelin). Sa densité est 1088. Son odeur, balsamique comme celle de la canne. Passé sur un filtre il est citrin clair, et capable de conservation comme auparavant. Évaporé à une douce chaleur il laisse « *du sucre cristallisé presque pur* », sa composition est :

Sucre	20.0
Albumine	0.2
Sels (cendres)	1.3
Eau	78.5
	100.0

Un calcul inutile à reproduire, donne pour la canne :

Matières solides	28.0	Sucre	18.0
		Ligneux	10.0
Eau	72.0		
Canne	100.0		

et de là :

Vesou	90
Ligneux	10
Canne	100

Il admet le rendement moyen à la Martinique de 50/100 comme Proust (1).

623. Ce travail fut l'objet d'une réclamation d'Avequin; ce chimiste avait déjà fixé la quantité du vesou théorique à 90 ou 91/100, et il signala la possibilité d'obtenir 75 de vesou au lieu des 50 du rendement général, et la variation du sucre avec le climat. Dans la Louisiane, il croit le total du sucre égal seulement à 17 centièmes, dont 5 seraient du sucre liquide. Une discussion paraît avoir fait

(1) *Comptes rendus*, IX, 349.

Digitized by Google

admettre que la canne normale ne renferme pas ce sucre liquide, dont il existe une petite quantité dans les pays où la canne dégénère, comme la Louisiane (1).

624. Une autre réclamation de Plagne fit connaître l'analyse faite par ce chimiste dès 1826. En voici les résultats :

	grammes.	
Sucre	832.00	20.8
Résidu incristallisable sec	30.00	0.750
Cérine	0.30	0.0075
Cire verte	1.06	0.0265
Matière organique particulière	1.61	0.0402
Albumine sèche	0.30	0.0075
Sels divers	1.73	0.0432
Eau	3133.00	78.3251
	3998.27	100.0000

On peut obtenir tout le sucre en évaporant de suite à 100°. L'auteur attribue, en outre, la fermentation visqueuse à une matière non azotée (2).

625. Dans un rapport au ministre des colonies, le 17 juin 1842, Peligot donna de nouvelles analyses des cannes, commencées par Dupuy; 100 parties contiennent :

	Eau.	Résidu de dessiccation.		Total.
		soluble.	ligneux.	
Cannes plantées (1re pousse)	73.9	17.2	8.9	26.1
Premiers rejetons (2e pousse)	71.7	17.8	10.5	28.3
Deuxièmes rejetons (3e pousse)	71.6	16.4	12	28.4
Troisièmes rejetons (4e pousse)	73.0	16.8	10.2	27.0
Nœuds de cannes	70.8	12.0	17.2	29.2
Cannes de huit mois	73.9	18.2	7.9	26.1
Cannes de dix mois	72.3	18.5	9.2	27.7
Partie inférieure de la canne	73.7	16.5	10.8	26.3
Partie centrale	72.6	16.5	10.9	27.4
Partie supérieure	72.8	15.5	11.7	27.2

La partie soluble, extraite par l'eau ou l'alcool, est en presque

(1) *Comptes rendus*, X, 199 et 250.
(2) *Comptes rendus*, X, 551.

Digitized by Google

totalité du sucre cristallisable. Une petite quantité de matière déliquescente non sucrée, signalée par Hervy, et d'autres matières organiques ou salines forment le surplus. Parmi ces matières, existe l'albumine végétale, dont les caractères sont ceux du caséum des animaux. C'est elle qui pendant la décomposition spontanée provoque la fermentation visqueuse.

Les matières minérales du vesou présentent du chlorure de sodium. Peligot estime que les 1 à 2 centièmes de celles du vesou *doivent* empêcher la cristallisation de 10 à 15 centièmes de sucre.

626. Payen a donné la description de la structure des cannes. Une tranche coupée perpendiculairement à l'axe de la tige, présente : 1° une couche superficielle adhérente à la cuticule épidermique formée de cérosée; 2° la cuticule à saillies anguleuses correspondantes aux points entre les cellules; 3° les parois épaisses des cellules épidermiques, dont les cavités communiquent entre elles librement, ou au travers d'une membrane mince, par de nombreux canalicules ménagés dans l'épaisseur des parois; 4° le tissu cellulaire à parois plus minces, sous l'épiderme; 5° un tissu cellulaire à parois épaisses traversées par les canalicules; 6° deux rangées circulaires concentriques de faisceaux ligneux entourant chacun un espace rempli par les divers vaisseaux.

627. Le sucre en cristaux semblables au sucre candi existe dans toutes les cellules cylindroïdes à parois minces qui environnent les faisceaux ligneux et vaisseaux, depuis l'axe jusqu'à la deuxième rangée des filets les plus ligneux; (observations sur des rouelles épaisses de 1 centimètre, préparées aux colonies depuis six ans en les faisant sécher rapidement au soleil).

Je dois faire une courte observation :

La dessiccation préalable des cannes est toujours dangereuse; elle l'est d'autant plus que le temps en est plus prolongé. Une absorption d'oxygène est alors inévitable, et le travail ultérieur ne peut plus donner un bon rendement. Dupuy a obtenu ce résultat facile à comprendre. Des cannes sèches, au lieu de 65 à 70 de sucre, en

Digitized by Google

ont donné seulement 34, et ce sucre était gras, coloré, non marchand.

On trouve en outre des granules d'amidon, ayant jusqu'à 1/200 de millimètre, d'autres de matière azotée. D'après l'auteur, on trouve dans la canne d'Otaïti.

	Au tiers du développement.	A maturité.
Sucre	9.06	18.02
Cellulose et ligneux	7.03	9.56
Albumine et trois autres matières azotées	1.17	0.55
Cérosie, amidon, matière verte et autres	1.09	0.35
Matières grasses, aromatiques, sels	1.95	0.28
Silice	»	0.20
Eau	79.70	71.04
	100.00	100.00

Les sels ou matières minérales (à maturité), sont :

Insolubles	Phosphate de chaux	0.12	0.28
	Phosphate de magnésie		
	Sulfate de chaux		
	Oxalate de chaux		
	Alumine		
Solubles	Acétate de chaux, potasse, soude	0.16	
	Malate de chaux, potasse, soude		
	Sulfate de potasse		
	Chlorure de potassium et sodium		

Les phosphates sont à l'état acide, car l'addition d'ammoniaque donne un précipité cristallin de phosphate ammoniaco-magnésien, en même temps que des flocons de phosphate de chaux.

Le liquide ammoniacal exposé à l'air devient brun peu à peu.

Le vesou d'une canne saine ne contient pas de glucose ni de chylariose. Ces dérivés du sucre se présentent habituellement en proportions minimes par suite des altérations dans tous les points où les tissus sont déchirés ou coupés au moment de la récolte des cannes.

Un hectare a pu produire jusqu'à 7000 kilogrammes de sucre ; on laisse descendre ce chiffre au-dessous de 2000 (1).

(1) *Comptes rendus*, XXVIII, 613.

Digitized by Google

628. En 1844, Casaseca fit une étude attentive de la canne créole employée à Cuba. Le vesou, presque limpide, présente après filtration une couleur citrine très-pâle; sa densité, même à + 33 degrés, est 1087 (8°,7 densim.), il rougit très-faiblement le tournesol. Par évaporation dans le vide, il laisse un sirop épais, jaune, très-clair, incristallisable, à moins d'une addition préalable d'alcool; ce sirop est du sucre presque pur. L'auteur en conclut que tout sucre incristallisable vient d'une altération; ces résultats confirment d'ailleurs ceux de Peligot pour le vesou :

Matières solubles....	21.2	Sucre.....	20.94
		Produits organiques....	0.12
		Sels minéraux.....	0.14
Eau.....	78.8		
Vesou.....	100.0		

Pour la canne, il les modifie, en relevant certaines erreurs de calcul de Peligot et des contradictions. Il croit le ligneux plus abondant, et donne la composition suivante :

Ligneux.....	16.4	= 83.6 vesou.
Sucre.....	17.7	
Eau.....	65.9	
Canne.....	100.0	

100 kilogrammes de canne ont fourni des quantités de vesou très-variables.

	Otaïti.		Rubanée.	Cristalline.
	Bœufs.	Eau.	Eau.	Vapeur.
Vesou.....	56	57	45	35
Bagace.....	44	43	55	65
	100	100	100	100

629. Quelques années plus tard (1849), Casaseca revint sur le même sujet; il trouva pour les deux parties de la canne créole, parenchyme et écorce, les nombres :

	Canne entière.	Parenchyme.	Écorce.
Eau.....	77	77.8	69.5
Sucre et matières solubles..	12	16.2	11.5
Ligneux.....	11	6.0	19.0
	100	100.0	100.0

Digitized by Google

ou en rapportant à des poids égaux :

Sucre.....	12	16.78	8.61
Ligneux.....	11	6.22	14.39
	23	23.00	23.00

Il croit qu'il existe un rapport constant entre le sucre et le ligneux dans chaque espèce de canne, et que ce rapport varie seulement suivant les espèces. Il cite comme preuve une analyse de canne créole par Mac-Culloh, qui a donné :

Eau.....	70.5			
Matières solides..	29.5	15.5 sucre..... = 12	}	23
		14 ligneux.... = 11	}	
	100.0			

Le ligneux soumis à l'incinération lui a donné :

				gr.			
30 grammes pour	500	parenchyme...	0.805	cendres	= 1.61	sur	1000
57 —	300	écorce.....	0.685	—	= 2.28	—	
87 —	800	canne entière..	1.490	—	= 1.86	—	

Ces cendres sont insolubles. Dans son premier travail, il a trouvé 1.4 de sels solubles. Les premiers sont donc dominants. Casaseca leur trouve la composition :

	Parenchyme.	Écorce.
Silice en prismes visibles au microscope.....	68.57	68.90
Chaux avec traces de fer et de magnésie.....	33.41	31.10
	100.00	100.00

Pour expliquer l'origine de ces corps, je dois renvoyer à son mémoire (1).

(1) *Ann. de chim. et de phys.* [3], XXV, 321.

Digitized by Google

630. Popp a communiqué les analyses suivantes :

CANNE A SUCRE PRIVÉE DE SES FEUILLES

	Martinique.	Égypte.	
		Centrale.	Haute.
Eau	72.72	72.12	72.13
Sucre	17.80	16.20	18.10
Glucose	0.28	2.30 (1)	0.25
Cellulose	9.30	9.20	9.10
Sels	0.40	0.35	0.42

La canne séchée à 100 degrés donne 4.05 de cendres (3.8 à 4.3), les feuilles 8.25 (8.0 à 8.5), les cendres contiennent :

	Cannes.	Feuilles.
Potasse	7.66	10.65
Soude	6.45	3.26
Chaux	12.53	8.19
Magnésie	6.61	2.45
Oxyde de fer	0.56	0.85
Acide silicique	43.75	65.78
Acide phosphorique	5.45	1.25
Acide sulfurique	16.53	2.18
Acide carbonique	»	3.55
Chlore	0.21	1.65
	99.65	99.81

631. On trouve toujours dans les chaudières un *cal*, dont Avequin a donné l'analyse :

Phosphate de chaux tribasique	92.43
Phosphate de cuivre tribasique	1.41
Chaux en partie carbonatée	1.35
Acide silicique	4.70
	99.89

On pourrait conclure de ce résultat l'existence dans la canne de phosphates solubles. Tout le reste pourrait provenir de la chaux employée. Cependant la proportion de l'acide silicique paraît mon-

(1) Cette quantité de glucose est certainement accidentelle. (*Bull. de la Soc. chim.*, XIV, 349.)

Digitized by Google

trer l'existence de silicate alcalin dans la canne avec les phosphates.

Ce cal forme une croûte assez dure pour résister absolument au ciseau et au marteau; le seul moyen de le détacher consiste à *brûler* la chaudière pour le carboniser. Il se brise alors en larges plaques dont l'épaisseur atteint 6 et 8 centimètres. Il se fendille parfois pendant le travail; un sifflement particulier et des bouffées de vapeur blanche épaisse annoncent l'accident.

1000 grammes de ce dépôt calcinés dégagent beaucoup de gaz inflammable; il reste 492 grammes d'un produit calcaire que l'acide azotique et l'ammoniaque paraissent modifier comme du phosphate (92 grammes sur 100). Avequin a admis tout phosphate. Mais il existe là 508 grammes de substance organique évidemment associée à la chaux. Peligot, en faisant cette observation, demande si les phosphates ne proviennent pas de coquilles marines employées pour faire la chaux, et si le cal ne contient pas de carbonate provenant d'une dissolution par l'acide carbonique ?

L'analyse du cal a été faite en 1862 par A. Girard et a donné des résultats très-différents :

	A LA VAPEUR		A FEU NU			
	Chazelles.	Bellevue.	Lemesle.	Charropin.	Bonmoins.	de Clugny.
Sulfate de chaux.....	71.9	61.37	4.17	1.25	2.48	37.52
— de magnésie.....	2.3	»	»	»	»	»
Phosphate de chaux.....	»	»	3.66	3.98	16.13	7.29
Chaux libre.....	»	»	1.74	3.85	»	8.48
Magnésie.....	»	»	1.22	0.96	1.13	4.24
Sable et argile	2.5	2.58	0.23	1.08	0.65	7.62
Alumine et oxyde de fer .	0.8	0.90	0.45	1.35	0.63	1.12
Eau et matières organiques azotées (1).....	22.4	35.4	»	»	»	»
Matières organiques.....	»	»	88.40	87.50	78.80	33.70
	99.9	100.25	99.67	99.97	99.82	99.97

La grande différence des résultats à la vapeur ou à feu nu tient d'après l'auteur à ceci : dans le premier cas, on prend soin de

(1) Les matières organiques sont très-peu abondantes, à peu près nulles même dans le cal Chazelles.

Digitized by Google

laisser déposer après défécation et d'envoyer des jus clairs à l'évaporation; dans le second cas, loin de donner aux jus le temps de s'éclaircir on attend à peine la fin de la défécation pour commencer l'évaporation.

La chaux employée pour la défécation est exclusivement fournie par le madripore (*madripora lactuea*) dont l'analyse donne :

Chaux vive	93.62
Magnésie	3.19
Sulfate de chaux	2.43
Phosphate de chaux	0.22
Alumine, oxyde de fer	0.54
	100.00

Les phosphates doivent donc provenir du vesou lui-même : en effet Peligot a trouvé dans les cendres de vesou :

Phosphates terreux	21.2
Carbonate de potasse	26.1
— de chaux	20.7
— de magnésie	11.7
Sulfate de chaux	7.2
Silice	10.1
	100.0

La silice doit exister à l'état de silicate; cette analyse n'est qu'une approximation.

L'auteur recommande la séparation du dépôt après défécation, l'emploi d'une chaux exempte de sulfate, la précipitation du sulfate de chaux du jus par le carbonate d'ammoniaque, 7 grammes suffiraient par hectolitre (1).

632. On trouve la canne toujours enduite d'une substance cireuse : 1 hectare de canne violette peut fournir plus de 100 kilogrammes de cire. Dumas et, plus tard, Lewy ont donné l'analyse de cette cire que le premier nomme *cérosie*. Les résultats de Dumas donnent $C^{48}H^{50}O^2$; ceux de Lewy $C^{46}H^{46}O^2$ (et non $C^{48}H^{48}$) (2).

(1) *Comptes rendus*, LV, 666.
(2) *Ann. de chim. et de phys.* [2], LXXV, 222; et [3], XIII, 451.

Digitized by Google

Avequin a trouvé la quantité de cire égale à 2 ou 3 grammes par canne : c'est la canne violette qui présente ce maximum, à la surface de l'écorce et de la partie engaînante des feuilles. La canne à rubans vient ensuite, puis la canne d'Otaïti (un tiers de la précédente), et enfin la canne créole qui n'en donne presque pas. Cette cire est soluble dans l'alcool chaud, dont elle ne se sépare pas en refroidissant. 1 partie dans 160 d'alcool forme une masse opaline comme du savon. Elle est insoluble dans l'éther froid, soluble dans le même liquide chaud, où elle se dépose en petits cristaux grenus, excessivement durs, d'une cassure nette, donnant au broyage une poussière d'une grande blancheur, on peut en faire des bougies brûlant avec l'éclat et la durée de la cire. Elle fond à 82°, se solidifie à 80° en cristaux (à la manière du soufre). Sa densité est 961 à + 10°, son odeur très-faible. L'air ne la modifie pas en plusieurs années. Contient-elle une partie minérale (1) ?

633. La canne renferme ainsi d'après ces analyses :

Eau		73.38	à	69.51
Sucre normal		10.00	à	20.00
Sucre inverti (accidentel)		8.00	à	0.
Fécule verte		»	à	»
Cellulose et ligneux		7.03	à	9.56
Gomme		»	à	»
Cérosie		»	à	»
Matières grasses et aromatiques		»	à	»
Matières azotées	Albumine, Trois autres matières.	1.17	à	0 55
Matière colorante		»	à	»
Acide libre ?		»	à	»
Acide silicique		»	à	»
Sels organiques	Malates, Oxalates, Acétates, ? à base de : potasse, soude, chaux, magnésie, alumine, oxyde de fer.	0.42	à	0.35
Minéraux	Sulfates, Phosphates, Chlorures, Silicates.			
		100.00		100.00

(1) *Journ. de pharm.* [2], XXVI, 738.

Digitized by Google

Ce tableau, comme celui des éléments de la betterave, n'est pas complet : il l'est même beaucoup moins. On doit désirer une étude approfondie, avec l'emploi de toutes les ressources de la science : l'industrie coloniale en recevrait bien certainement des indications très-utiles.

Les différences avec la betterave ne sont pas bien grandes; la richesse en sucre donne au jus de canne une supériorité très-grande même pour la facilité du travail.

634. A titre de confirmation de ces analyses, ajoutons les renseignements suivants :

D'après Duthrône, la canne donnait 50/100 de vesou, de 3°,6 à 10°,8 (densimétriques).

Maintenant on arrive entre 56 et 62, d'après Icery (1).

Ce rendement varie avec l'espèce de la canne ou sa compressivité; voici l'ordre observé par Icery :

Espèce des cannes.	Ordre de facile compression.
Violette Java (Bellonguet)	1
— — (Diard)	2
— Otaïti	3
— Penang	4
— Guinghan	5
— Bambou	6

On peut évaluer le rendement en mesurant le ligneux; on enferme 250 grammes de bagasse, *moyenne*, dans un petit sac de toile forte; on lave complétement à l'eau tiède et l'on fait sécher à l'étuve. En appelant :

Le poids de la bagasse humide	B
— — sèche	B′
— du ligneux dans 100 de canne	C

on a :

$$x = \frac{100\,B'}{C} - B.$$

Les premières parties du vesou sont les meilleures; la densité

(1) *Ann. de chim. et de phys.* [4], V, 350.

Digitized by Google

des dernières peut être la plus forte, mais le sucre y est moindre, les sels, le non-sucre y sont augmentés; Icery donne :

	BELLONGUET. Pression à		PENANG. Pression à	
	60	78	60	78
Sucre	19.8	18.9	19.6	18.5
Matière albumineuse.	0.18	0.27	0.16	0.20
Cendres.....	0.20	0.22	0.13	0.23
Densité.....	1084	1079	1000	1078

On croyait le travail moins facile à cause de la dégénérescence de la canne; mais ce sont les moulins modernes, dont la puissance est plus grande, qui donnent des jus moins bons.

Il y a une différence très-sensible entre les diverses parties de la canne; Icery donne les nombres suivants :

	Partie		
	médullaire.	corticale.	nodulaire.
Densité (+ 25 degrés)...	1082	1074	1069
Sucre pour 100.....	18.4	17.9	17.1

635. Hervy nous a fait connaître l'action des réactifs sur le vesou. D'abord il reconnaît la non-préexistence du sucre incristallisable (sucre inverti) dans la canne. Il insiste sur l'invariabilité de structure de la canne naissante ou avancée en âge, tandis que les fruits où l'on observe une inversion du sucre changent de jour en jour, d'après Fremy. Voici ensuite l'action de plusieurs corps. Les acides à froid ou à chaud clarifient le vesou, en produisant un léger précipité. Les alcalis l'épurent sans produire de précipité; la potasse d'autant mieux que la température est plus élevée, ce qui prouve l'absence d'albumine et de pectine. Les carbonates alcalins le clarifient. Le tannin donne un précipité léger dans le vesou récent, volumineux dans celui qui a plusieurs jours et commence à s'épaissir. L'alcool agit comme le tannin, le noir animal le rend incolore et lui enlève la matière précipitable par le tannin; il peut alors résister cinq ou six jours à la fermentation (alcoolique) si la température est + 18 à 20 degrés, quinze jours si elle reste à + 10 degrés.

Digitized by Google

Jamais il ne devient visqueux; la chaleur produit le même effet que le noir (1).

L'acétate de plomb produit un abondant précipité dans les cannes obtenues en serre chaude à Neuilly, ou en pleine terre à Bordeaux. L'auteur en a toujours observé un moindre dans les cannes des colonies. Même différence pour la fermentation. Le vesou de France éprouve très-difficilement la fermentation alcoolique; il devient épais comme un mucilage de gomme adraganthe; son sucre diminue et disparaît. Les alcalis, même puissants, paraissent favoriser cette transformation. Les acides l'empêchent. L'alcool contracte la substance visqueuse, et donne un corps mou, élastique, soluble dans l'eau et dans l'acide acétique; l'acide sulfurique le charbonne; l'acide azotique le transforme en acide oxalique (2).

636. Duthrône en avançant que l'emploi si répété de la potasse et de la chaux dans la clarification du sucre devait avoir pour objet de saturer toute autre chose que des acides, avait raison..... Je ne vois pas aussi clairement quelle est l'utilité des alcalis dans la clarification du vesou (Proust).

La clarification du vesou paraissait autrefois assez difficile pour justifier des récompenses énormes à l'auteur d'un moyen simple et sûr. Un Français, Dorion, reçut 600 000 francs pour un secret. Il faisait jeter dans le vesou bouillant une certaine quantité d'écorce du Theobroma Guazuma qu'il confondait avec celle de l'*orme pyramidal*, en poudre (3).

On essaya d'exploiter plus tard le fabuleux succès de Dorion, en vendant, sous le nom de séve de l'orme pyramidal, du blanc d'œuf desséché spontanément (Barruel, 1846) (4).

(1) *Journ. de pharm.* [2], XXVII, 1.

(2) Il me sera permis de rendre hommage à la mémoire d'Hervy, tué à cette époque par l'explosion d'un appareil à acide carbonique solide (Thilorier). Nous avions eu le bonheur, Silbermann et moi, d'employer le même appareil, pendant huit journées entières, au laboratoire de Pouillet.

(3) *Journ. de pharm.*, I, 417 et II, 258.

(4) *Comptes rendus*, XXII, 347.

Digitized by Google

CHAPITRE VII

CULTURE DES PLANTES SACCHARIFÈRES

637. *Betteraves.* — Je vais essayer de résumer dans ce chapitre ce que l'on *sait* des règles à suivre dans la culture : je souligne le mot sait parce que les notions théoriques certaines sur la culture générale des plantes, saccharifères ou autres, ont jusqu'à présent peu d'étendue; le problème est complexe, il offre des difficultés nombreuses et est encore loin d'une solution exacte. On a fait de grands travaux et acquis des données premières d'une valeur malheureusement encore très-restreinte, et, il faut le dire, on a troublé la marche régulière des études scientifiques par des assertions téméraires; on a même osé présenter ces assertions comme des principes certains pour la pratique, et il en est résulté de grandes pertes, de temps et d'argent, dont la responsabilité est lourde.

638. Un premier point dont l'importance serait grande, si la fixation scientifique pouvait en être donnée, c'est le choix du terrain. Comment doit-on faire ce choix? d'après la nature *chimique* ou d'après la texture *physique* seule, ou d'après les deux?

La réponse à cette question ne peut encore être donnée *scientifiquement.*

Pour moi, la nature chimique du terrain est tout à fait secondaire : j'ai exprimé cette opinion depuis longtemps (1). Elle est aujourd'hui devenue générale (2); c'est surtout la texture physique et la puissance d'absorption correspondante qui ont de grands avantages. Pour la betterave il faut un terrain meuble à une grande profondeur; la racine où est le sucre étant pivotante et sa longueur

(1) *Traité du travail des vins,* 1re édit., p. 529.
(2) *Cours de chimie agricole de Dehérain,* 335, 548, etc.

Digitized by Google

considérable (§ 583), il est bon de lui donner toute facilité de développement.

La nature du terrain est intéressante à un autre point de vue; au moment de l'arrachage on éprouve une difficulté plus grande dans les terres fortes, difficulté qui entraîne une plus forte dépense pour main-d'œuvre; en outre les racines développées dans ces terrains conservent une certaine quantité de terre, ce qui augmente la dépense pour les transports. Normalement cette terre n'exige que peu d'eau de lavage; mais dans beaucoup de cas, la quantité est si grande, que l'eau nécessaire au lavage doit être très-abondante.

639. Un second point c'est la question des engrais, question des plus obscures, encore aujourd'hui. C'est surtout pour la résoudre que l'on a émis les assertions les plus hardies et les plus nuisibles. On a d'abord affirmé la nécessité de l'azote dans les engrais, et, de plus, la proportionnalité de cet azote avec la valeur desdits engrais. On a dressé le tableau des *équivalents* des engrais d'après la valeur en azote! Jamais idée plus fausse n'a été présentée plus témérairement. La conséquence évidente c'est que le meilleur engrais serait l'acide cyanhydrique C^2AzH, où l'on trouve 53.85 pour 100 d'azote. Ai-je besoin de dire l'étendue de cette erreur? Elle n'a pas arrêté les auteurs du tableau!

Un peu plus tard on a mis en avant, comme principe scientifique, la nécessité de rendre à la terre par les engrais toutes les matières solubles enlevées par la plante. L'analyse a trouvé de la potasse dans une betterave; sans autre examen, on a déclaré la potasse nécessaire à la vie de la plante et nécessaire aussi la restitution au sol de la potasse enlevée par la plante à chaque récolte. On savait que des sels dangereux, comme les arséniates, peuvent être absorbés par une plante malgré leur influence nuisible sur la plante et sur les êtres dont la nourriture en est formée; mais on n'a pas tenu compte de ce fait, capital pourtant; on a admis comme nécessaire, je le répète, toutes les matières trouvées par l'analyse, et déclaré nécessaire de les restituer chaque année. Alors ont surgi d'innom-

Digitized by Google

brables fabriques d'engrais plus ou moins bien composés (1). Ce que ces fabriques ont produit d'utile, on en jugera par le tableau suivant des expériences faites à Grignon en 1865-1866; je cite textuellement Dehérain :

« Les betteraves appartenaient à la variété Silésie rose de Flandre : elles ont été semées les 20 et 21 avril et récoltées : à la Défonce, le 24 octobre; à la septième division, les 6, 7, 8 et 9 novembre. » (P. 550.)

(1) Les expériences relatives à la valeur des engrais doivent être prolongées pendant de longues années pour conduire à une appréciation exacte : encore cette appréciation ne peut-elle être rapportée à d'autres terrains, ni même à des terrains dont la composition *chimique* serait rigoureusement identiqne, mais dont la structure *physique* serait différente. C'est une étude des plus difficiles : on possède des éléments scientifiques assez nombreux et assez précis pour effectuer cette étude et la rendre profitable; mais il faut un élément essentiel, dont on ne s'est pas assez préoccupé jusqu'à présent: la patience.

Qui ne sait d'ailleurs combien la définition d'un engrais est encore vague et incertaine?

Pourquoi les terres de l'Amérique du Sud produisent-elles, de temps immémorial, des récoltes de froment toujours abondantes sans avoir jamais reçus de l'homme ce que nous appelons un engrais?

Pourquoi, même en France, certaines terres donnent-elles de la betterave tous les ans, sans aucun engrais? Le fait m'a été très-sérieusement affirmé par un fabricant cultivateur très-connu pour son habileté, surtout dans la culture. J'ai vu les terres dont il s'agit : tout ce que j'en puis dire c'est que chimiquement elles offrent le calcaire dominant, l'argile (très-peu ferrugineuse) peu abondante, le sable encore moins. Au point de vue physique ce sont des terres légères, sans gros fragments.

Digitized by Google

EXPÉRIENCES SUR L EMPLOI DES DIVERS ENGRAIS

Première série d'expériences. — Terre de la Défonce (1).

Nature des engrais employés.	Prix de 100 kilogr.	Poids des engrais répandus.	Prix (avec le transport).	Poids de betteraves récoltés. kilogr.	Valeur à 18 francs les 1000 kilogr. fr.	Gain (engrais déduits). fr.	Gain ou perte comparés au carré sans engrais. fr.
N° 1. Engrais Merle, $SO^3.KO : SO^3MgO.6HO$...	14	1300	281	40.400	727	446	— 256
N° 1. Phospho-guano.....	30	200					
N° 2. Engrais de potasse.....	8.50	2000	320	47.400	853	533	— 175
N° 2. Phospho-guano.....	30	200					
N° 3. Sulfate de potasse.....	37	800	396	44.260	796	400	— 308
N° 3. Phospho-guano.....	30	200					
N° 4. Phospho-guano.....	30	200	60	42.700	768	708	»

Deuxième série d'expériences. — Terre de la septième division.

N° 1. Engrais Merle.....	14	1300	221	33.300	594	373	— 272
N° 2. Engrais de potasse (Vorster et Grüneberg).	8.50	2000	260	36.600	658	378	— 277
N° 3. Sulfate de potasse (id. id.).	37	800	296	36.700	660	324	— 331
N° 4. Rien.....	»	»	»	36.400	656	655	»

(1) Analyse de cette terre et de la suivante.

Digitized by Google

ANALYSE PHYSIQUE

Nature des matières dosées.	Défonce.	Septième division.
Sable	202.0	298.4
Argile et calcaire	719.6	678.3
Eau	78 4	23.3

ANALYSE CHIMIQUE

Azote	1.86	2.65
Ammoniaque (toute formée)	0.316	0.158
Potasse (soluble dans l'eau)	0.160	0.016
Chaux	154.40	0.000
Acide sulfurique	5.39	9.05
Acide phosphorique	0.007	0.12

« On voit que si à la terre de la Défonce l'engrais de potasse et le sulfate de potasse mélangés au phospho-guano ont donné une augmentation sur la récolte dépassant 4500 et 1500 kilogrammes de racines à l'hectare, l'engrais des salines du Midi n'a produit aucun effet. A la septième division les engrais de potasse n'ont produit aucune augmentation de récolte; dans tous les cas leur emploi a été suivi d'une perte sensible. »

Je ne saurais trop insister sur le dernier membre de phrase.

640. Le même auteur donne un autre tableau non moins instructif.

Digitized by Google

CULTURE DES BETTERAVES (SILÉSIE ROSE DE FLANDRE)

(Tous les nombres sont rapportés à l'hectare.)

	Nature des engrais employés.	Prix de 100 kilogr. (avec transport).	Engrais employés. Poids.	Engrais employés. Valeur.	Betteraves récoltées. Poids.	Betteraves récoltées. Valeur à 18 fr. les 100 kilogr.	Valeur de la récolte (engrais déduits).	Perte (comparée aux carrés sans engrais). N° 5.	Perte (comparée aux carrés sans engrais). N° 11.
			kilogr.	fr.	kilogr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1.	Engrais de potasse.....	13.50	1000	135	29.625 (1)	533.25	398.25	— 623.25	— 605.25
2.	Id.	»	2000	270	43.000	774	504	— 517.50	— 499.50
3.	Id. concentré..	23.50	750	176.25	49.625	893.25	717	— 304.50	— 286.50
4.	Id. id. ..	»	1500	352 50	54.125	974.25	621.75	— 399.75	— 381.75
5.	Rien (témoin).....	»	»	»	56.750	1021.50	1021.50	»	»
6.	Engrais de potasse.....	13.50	1000	205	59.625	1073.25	868.25	— 153.25	— 135.25
	Phospho-guano.....	35	200						
7.	Engrais de potasse.....	13.50	1000	215	58.500	1053	838	— 133.50	— 165.50
	Sulfate d'ammoniaque.....	40.00	200						
8.	Sulfate d'ammoniaque.....	40.00	200	285	60.225	1084.05	709.05	— 222.45	— 204.45
	Phospho-guano.....	35.00	208						
	Engrais de potasse.....	13.50	1000						
9.	Sulfate d'ammoniaque.....	40.00	200	80	57.500	1035	955	— 66.50	— 48.50
10.	Phospho-guano.....	35.00	200	70	57.500	1035	965	— 56.50	— 38.50
11.	Rien (témoin).....	»	»	»	55.700	1003.50	»	»	»

(1) Ce faible rendement n'est évidemment pas dû à l'emploi des sels de potasse, puisque la parcelle n° 2, qui a reçu 200 kilogrammes à l'hectare au lieu de 100, a donné 43 000 kilogrammes de betteraves ; elle aurait dû fournir moins que la parcelle n° 1 si l'engrais de potasse eût été nuisible. Il est possible que le voisinage d'une ligne d'arbres ait eu quelque influence sur la faiblesse de rendement ; au reste toutes les personnes qui ont fait sur le sol de nombreuses expériences ont été témoins d'irrégularités analogues à celle que montre la parcelle n° 1, et s'abstiennent d'en tirer aucune conclusion.

Digitized by Google

« Est-il permis de tirer quelques conclusions au sujet des expériences précédentes? Nous le pensons, car elles ont présenté une uniformité remarquable. Presque toujours les engrais ont été nuisibles aux betteraves ou au moins n'ont augmenté la récolte que d'une façon insuffisante pour payer la dépense. On voit combien il est faux d'admettre qu'en doublant la dose d'engrais on double du même coup la récolte... Il est clair que la terre non amendée produisant 55.000 kilogrammes à l'hectare, il est inutile de dépenser une fumure de 300 francs pour faire monter la récolte à 60.000, puisque 5000 kilogrammes de betteraves ne valent que 90 francs.....

« On remarquera que tous les engrais artificiels ont amené des pertes sur la culture de la betterave, et dans quelques cas cette perte a été énorme..... » (p. 558.)

Il est bien évident que tout commentaire serait peine perdue.

641. G. Ville a fait de nouveaux efforts pour propager les *engrais chimiques*. « Les correspondants ont fait en 1868 cent-quatre-vingt-dix expériences sur les betteraves : les résultats obtenus sont résumés comme suit :

	Engrais chimique.		Fumier de ferme.	
	Engrais.	Récolte.	Engrais.	Récolte.
1re série.....	1441	91.064	60.071	70.142
2e série.....	1435	63.507	50.058	49.900
3e série.....	1362	53.673	55.045	43.670
4e série.....	1274	43.640	47.521	34.784
5e série.....	1255	35.373	42.511	28.928
6e série.....	1294	24.433	48.692	23.453
Moyenne.....	1326	51.948	50.650	41.811

Excédant en faveur de l'engrais chimique... 10.137 kilogr.

L'auteur donne sa conclusion un peu plus loin : « Sur les betteraves et les pommes de terre les résultats pécuniaires ont été nuls, nous n'avons jamais couvert notre dépense. » (P. 574.)

642. Enfin l'auteur examine un autre point tout à fait capital. Les engrais, ceux de potasse, ont-ils de l'influence sur la production du sucre dans la betterave? Il répond :

Digitized by Google

« Les expériences de 1866 démontrent que les engrais de potasse n'ont été en aucune façon favorables à la sécrétion du sucre. Ainsi des quatre parcelles cultivées à la terre de la Défonce on a obtenu des betteraves qui, lorsqu'elles ont reçu des engrais de potasse ont accusé 10.1 — 9.1 — 10.0 de sucre pour 100 de jus, tandis que celles qui n'avaient pas reçu d'engrais alcalin ont donné 11.0 de sucre pour 100 de jus.

» Dans les terres de la septième division, les trois parcelles amendées avec les sels de potasse ont donné des betteraves renfermant, pour 100 de jus, 10.6 — 11.1 — 10.8 de sucre et la parcelle où l'on n'avait pas mis d'engrais a porté des betteraves renfermant 10.8 de sucre. Les betteraves venues sur les engrais de potasse étaient plus riches en cendres que celles qui n'avaient pas reçu ces engrais ; or on sait que c'est là une condition défavorable à l'extraction du sucre. » (Page 592.)

Le tableau est complet.

643. Les recherches plus récentes sont venues corroborer les premières.

Parlons d'abord des engrais azotés. Il y en a de deux espèces : 1° ceux qui contiennent l'azote dans des composés organiques tels que l'urée, etc. ; 2° ceux qui renferment l'azote à l'état d'acide azotique, c'est-à-dire en azotates de potasse, soude, etc.

Les premiers ont pour type l'engrais flamand, composé d'urine, matières fécales, etc. Il est certain aujourd'hui qu'un excès de ces engrais diminue la proportion du sucre dans les betteraves.

Les seconds produisent le même effet : et ils aggravent le mal en pénétrant les racines où ils demeurent en plus ou moins grande proportion ; leur existence est la source des actions dont j'ai déjà parlé (§ 603), actions qui entraînent une perte notable de sucre, une augmentation du coefficient salin et de la proportion de mélasse (1).

La forme sous laquelle on emploie l'azote dans les engrais paraît à peu près indifférente ; il est donc bon de rejeter les azotates et

(1) Peligot, *Comptes rendus*, LXXX, 133 et 219. — Fremy et Dehérain, *Comptes rendus*, LXXX, 778 et LXXXII, 943.

Digitized by Google

d'employer seulement les engrais de la première espèce à doses très-modérées. Il faut surtout éviter l'emploi de ces engrais pendant la végétation, comme on l'a fait trop longtemps.

La question la plus importante pour le fabricant et le cultivateur, c'est le choix de la meilleure espèce de betterave, de celle qui contient le plus de sucre et se cultive le plus facilement.

644. Vilmorin a publié sur ce sujet des observations dont je crois devoir citer le texte à peu près entier :

« L'idéal de la betterave à sucre parfaite est essentiellement différent, suivant les pays et suivant les conditions de la production. Là où l'impôt se paye, comme en Allemagne, sur les betteraves travaillées, ou, ce qui revient au même, sur la capacité des presses hydrauliques, comme en Russie, les racines très-riches qui contiennent beaucoup de sucre sous un petit volume obtiennent la préférence, et c'est chose toute naturelle. En France, par contre, les habitudes prises, la nature des rapports établis entre fabricants et cultivateurs, l'importance du rôle des pulpes dans l'alimentation du bétail, tout se réunit pour faire rechercher les races de betteraves qui, à une bonne richesse moyenne, joignent une production abondante par hectare. Et, à vrai dire, cette préférence est justifiée, car ces races à grand rendement en poids sont celles avec lesquelles s'obtiennent les plus fortes productions de sucre par hectare. Nous avons rarement vu les races allemandes ou la betterave *améliorée Vilmorin* elle-même, donner, à surface égale, des chiffres aussi élevés, comme production totale en sucre, que la betterave *à collet rose*, par exemple. Nous laissons de côté ici la question de pureté de jus : sous ce rapport, les races très-riches sont de beaucoup préférables aux autres, et cet avantage peut arriver à compenser, et au delà, leur infériorité habituelle sous le rapport du rendement.

» C'est une proposition généralement admise que la richesse en sucre des betteraves est inversement proportionnelle à leur volume. Prise d'une façon générale, cette proposition exprime un fait vrai, mais il est certain aussi que la sélection judicieusement appliquée peut faire varier ce rapport et enrichir une race donnée de bette-

Digitized by Google

rave, sans en diminuer le volume ni le rendement. C'est dans des modifications de ce genre qu'il faut chercher l'amélioration pratique de la betterave, et le but qu'on doit se proposer, c'est de créer, à divers degrés de l'échelle, des betteraves réunissant à un rendement donné le maximum de richesse saccharine compatible avec ce rendement.

» Chercher une betterave qui présente à la fois le maximum de produit et le maximum de richesse, c'est une chimère, et plus tôt on renoncera à la poursuivre, plus on évitera de mécomptes et de recherches inutiles. Une grande richesse saccharine est en effet liée nécessairement à une grande abondance de feuilles et de radicelles, et les betteraves très-riches en radicelles et en feuilles ne peuvent devenir volumineuses sans se déformer et sans perdre les qualités extérieures de régularite et de netteté qui sont, dans une grande mesure, indispendables à une bonne race de betteraves à sucre.

» Partant donc de cette donnée que les différentes circonstances où se trouve placé le fabricant ou le cultivateur demandent des betteraves différentes, examinons ce que sont les variétés actuellement connues et ce qu'elles peuvent devenir sous l'influence de la sélection habilement appliquée.

» La betterave *blanche à sucre de Silésie* (fig. 118), origine et point de départ de toutes les autres variétés, est encore préférée à toute autre dans une grande partie de l'Europe. C'est une race de grosseur médiocre, à peu près entièrement enterrée, à peau blanche, un peu rugueuse, à feuillage plutôt étale que dressé. Elle est riche en sucre, titrant ee général de 12 à 14 pour 100 de sucre ; son rendement, dans de bonnes conditions, est d'environ 45 000 kilogrammes à l'hectare ; elle se prête parfaitement à la culture serrée et n'exige pas des terres très-profondes. Cultivée en France pendant quelques années, elle gagne en volume et arrive à rendre facilement 50 000 kilogrammes à l'hectare. Aujourd'hui qu'on revient aux betteraves riches en sucre, la betterave *blanche allemande acclimatée* est une des variétés les plus recommandables.

» Il en existe plusieurs sous-variétés obtenues par la sélection ; nous citerons parmi les plus distinctes la race de *Magdebourg*, un

Digitized by Google

peu petite, mais longue et bien régulière; celle de *Breslau*, plus courte et plus renflée; la betterave *Impériale* (fig. 119), obtenue par Knauer, qui est longue, régulièrement amincie, en forme de carotte, avec un feuillage blond, frisé et appliqué sur terre; l'*Electorale*, de même origine, plus renflée, plus grosse et plus productive, mais un peu moins riche que l'*Impériale*.

Fig. 118.

Fig. 119.

» La betterave à sucre *à collet vert*, de race française (fig. 120), est bien moins en faveur aujourd'hui qu'il y a une quinzaine d'années. C'est cependant une race excellente, plus grosse, mieux faite et plus lisse que la betterave de Silésie. Le collet, qui sort de terre de quelques centimètres seulement, est teinté de vert; la racine est longue, lisse et blanche. Cette variété peut donner jusqu'à 60 000 kilogrammes par hectare, et titrer de 11 à 14 pour 100 de sucre. Les fabricants qui ont continué à la cultiver ont lieu d'en être satisfaits. Nous avons vu son rendement en sucre s'élever au chiffre de 8 288 kilogrammes par hectare.

» La betterave française *à collet rose* (fig. 121) est la plus générale-

Digitized by Google

ment cultivée depuis quelques années. Elle justifie la faveur dont elle est l'objet par un ensemble de qualités qui paraissent en faire la race la plus avantageuse de toutes, dans les conditions ordinaires de la culture de notre pays. Elle réunit, en effet, une grande

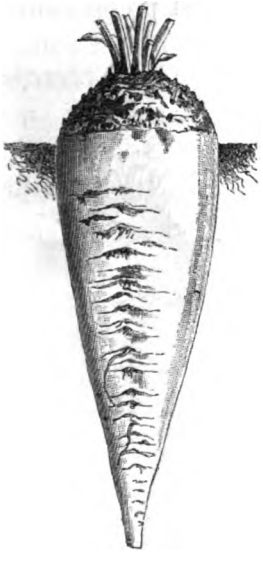


Fig. 120.

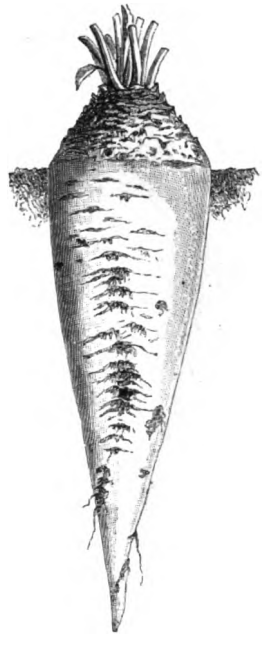


Fig. 121.

vigueur, qui lui permet de donner des rendements de 70 et 75 000 kilogrammes à l'hectare, avec une forme généralement régulière et une richesse très-satisfaisante, qui varie de 10 à 13 pour 100 de sucre; elle est en même temps d'une conservation facile. Le feuillage en est vigoureux et abondant, et le collet très-légèrement sorti de terre, de sorte que l'arrachage en est facile, sans que la qualité sucrée de la racine en soit amoindrie. Les plus forts rendements en sucre par hectare que nous connaissions ont été obtenus avec cette variété; nous avons constaté un produit de 8881 kilogrammes de sucre.

» La betterave *à collet gris*, ou betterave *gris rosé du Nord* (fig. 122)

Digitized by Google

est de toutes la plus parfaite comme forme et la plus productive. Elle n'a pas beaucoup de feuilles, et un quart de la longueur de la racine, à peu près, est au-dessus de terre. Cette partie qui est grise, verdâtre ou brune, est nette et lisse comme la partie enterrée, qui est plus ou moins rosée. Par contre, c'est la moins riche de toutes les betteraves à sucre, et aujourd'hui elle est presque universelle-

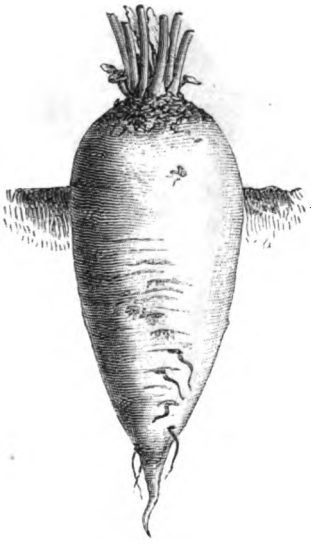


FIG. 122.

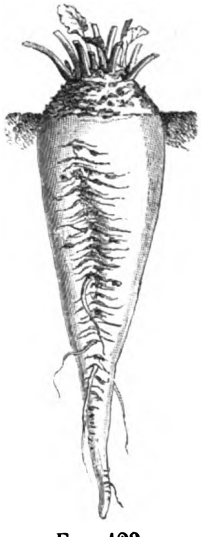


FIG. 123.

ment proscrite par les fabricants. Nous croyons la sentence un peu sévère, car la betterave à collet gris est susceptible de donner, au moyen d'une culture convenable, des rendements en sucre par hectare qui rivalisent avec ceux des autres races, et nous croyons qu'elle pourra être améliorée assez sensiblement, au point de vue de la richesse, sans perdre ses qualités de forme et de volume.

» La betterave *blanche améliorée Vilmorin* (fig. 123), sortie directement de la *blanche de Silésie*, a été amenée par M. Louis Vilmorin, au moyen de la sélection, à présenter au bout de quelques générations une richesse de 15 à 18 pour 100 de sucre. Elle en est

Digitized by Google

là depuis de longues années, et l'expérience a prouvé qu'il serait chimérique de chercher à obtenir une richesse plus grande, car la plante cesserait alors de végéter avec une force suffisante. Les efforts ont tendu, dans ces dernières années, vers l'amélioration de la forme et l'augmentation du produit, et il a été réalisé d'importants progrès dans ce sens, puisque la betterave améliorée, qui était représentée à l'origine comme donnant à l'hectare un produit de 20 à 25 000 kilogrammes et titrant de 15 à 16 pour 100 de sucre, a donné ces années dernières des rendements de 40 et 45 000 kilogrammes, avec une richesse de sucre variant de 15 à 18 pour 100.

» Cette race a toujours passé pour convenir tout particulièrement à des conditions spéciales de culture et de fabrication qui ne sont pas celles de la France; il nous semble cependant que, par suite des modifications qu'elle a subies dans ces derniers temps, et qui ont accru son volume et son rendement, on pourrait avoir avantage à l'adopter dans certains cas, même dans notre pays. En la cultivant très-serrée, on compense en grande partie l'infériorité de son volume comparé à celui des autres races, et, d'un autre côté, il a été constaté par de nombreuses analyses, notamment à la suite des concours de betteraves d'Arras et de Senlis, que cette race dépasse toutes les autres, non-seulement par sa richesse saccharine, mais aussi par la pureté de son jus, qui contient moins de cendres et de sels que celui d'aucune autre variété, ce qui constitue un avantage d'une grande importance.

» Voilà quels sont, en 1876, les caractères et les mérites comparatifs des diverses variétés de betteraves à sucre. Il n'est pas douteux qu'on n'arrive, par la suite, à créer des races nouvelles et à améliorer encore celles qui existent; mais il est facile de voir par ce qui précède que, dès à présent, on dispose de races de betteraves propres à répondre à tous les besoins, et à donner des résultats satisfaisants dans les circonstances les plus diverses de sol et de climat et dans les conditions les plus opposées de culture et de fabrication. Il suffit pour cela de bien connaître les différentes variétés et de savoir les employer à propos. »

Digitized by Google

Voici les analyses de ces betteraves; 100 kilogrammes contiennent :

	1° Blanche Silésie ou allemande.	2° Impériale.	3° Française à collet vert.	4° Française à collet rose.	5° A collet gris rosé du Nord.	6° Blanche Silésie améliorée (Vilmorin).
Sucre.....	17.50	14.20	12.95	12.17	11.84	14.60
Mat. organiques.	1.78	2.22	2.17	3.86	2.97	3.02
Sels.....	0.99	1.16	0.99	1.00	1.25	0.78
Eau.....	79.73	82.42	83.89	82.97	3.94	81.60
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

643. En donnant ces analyses dont la dernière est de M. Vilmorin, je prie le lecteur de bien entendre que loin de lui présenter ces résultats comme une base de calculs, je les lui offre seulement comme un *maximum* difficile à atteindre et dont la pratique lui fournira seulement les *trois quarts* en ne négligeant *aucun soin couramment admissible*. Prétendre davantage serait une ironie, ou même une tromperie, je tiens à le dire avec toute la netteté possible. Une betterave peut être cultivée dans des conditions assez différentes pour donner :

Au maximum..... 18.00 de sucre.
Au minimum..... 3.00 —

ce qui rend tout évaluation typique absolument impossible ou dérisoire.

Je ne m'arrêterai donc pas à des évaluations de rendement, soit à l'hectare, soit dans un autre cadre; on comprend l'inanité de ces évaluations. Ce que je puis dire, c'est que la culture la mieux ordonnée peut atteindre 100 000 kilogrammes à l'hectare et au delà; que les betteraves contiennent jusqu'à 11/100 de leur poids de sucre et, en d'autres termes, que le rendement de l'hectare en sucre normal, *théorique*, peut atteindre, pour la betterave, 11 000 kilogrammes. Il serait bien à désirer de voir tous les fabricants obtenir des cultivateurs ce précieux rendement. Beaucoup, même aujourd'hui, ne peuvent obtenir plus de 30 000 kilogrammes de betteraves contenant 8 de sucre, soit 2400 de sucre à l'hectare. Je souhaite

Digitized by Google

vivement que la différence, bien sentie de tout le monde, inspire l'émulation nécessaire à la principale amélioration dont l'industrie du sucre peut obtenir son salut.

646. Le choix des races a une grande importance en raison du procédé de fabrication qu'on leur applique; les variétés pivotantes craignent l'influence de l'air sur la racine. Cette influence rend les espèces peu exterranées de tout point préférables dans le travail ordinaire; mais il importe de faire remarquer le peu d'intérêt des variétés de la racine dans le travail basé sur mon procédé de conservation. Le globe jaune, par exemple, peut donner, par une culture des plus faciles, jusqu'à 100000 kilogrammes à l'hectare, avec une richesse de 9.2; soit 9200 kilogrammes de sucre théorique, c'est-à-dire plus, beaucoup plus que la moyenne fournie par les espèces indiquées dont la culture est plus chère. Ce globe jaune donne un jus dont la conservation pendant *quelques jours*, avec un petit excès de chaux, fournit les plus beaux sirops et les rendements les plus avantageux. Cette variété vient bien en toute terre, n'exige pas de labours profonds, donne une pulpe excellente pour le bétail et est, en un mot, de tout point, profitable. Il me sera permis de la recommander on ne peut plus instamment. L'expérience m'a convaincu de sa supériorité.

647. *Choix des graines.* — Rien n'est plus difficile, au point nécessaire, que le choix d'une bonne graine des betteraves à racine enterrée. Tout le monde le sait; malgré les soins donnés à la sélection la plus attentive, les graines donnent des résultats divers, suivant la vigueur des individus ou même des *branches* où elles ont pris naissance; rien ne les préserve des insectes, ou de l'influence du pollen d'autres espèces transporté par les vents; elles varient en outre suivant la diversité des terrains, et donner une règle à cet égard est une prétention extra-scientifique. Les racines qui ne craignent pas l'exterranation, le globe jaune par exemple, ne demandent aucun de ces soins; toute graine est bonne et donne de bons résultats dans une terre même profonde, mais pourtant très-apte à la rotation ordinaire. Je ne saurais trop attirer l'attention des fabricants

Digitized by Google

et des cultivateurs sur ce point; leur intérêt est le même sous ce rapport, à la seule condition de traiter les jus par mon procédé, dont les avantages ne peuvent plus être méconnus.

648. Le second point à observer par le fabricant c'est de réclamer du cultivateur la betterave la plus mûre, ce qui veut dire la plus riche en sucre. Tous les observateurs s'accordent à admettre un développement progressif du sucre depuis la naissance de la racine jusqu'à l'époque de sa maturité : alors existe un maximum de peu de durée : bientôt le sucre diminue et, lorsque la plante a donné des graines mûres, il a disparu tout entier. Il est de la plus haute importance de se rapprocher le plus possible du maximum, c'est-à-dire de veiller aux soins pris par le cultivateur pour arracher les racines à l'époque précise de la maturité parfaite, maturité dont le terme est facile à reconnaître.

Des betteraves plantées à 11 centimètres dans les raies de sillons larges de 80 centimètres, soit 14 par mètre, fumées d'une bonne fumure ordinaire additionnée d'engrais Ville dans la proportion ordinaire (400 kilogr. par hectare) ont rendu 95000 kilogr. à l'hectare, avec un poids moyen un peu moindre de 700 grammes.

Ces betteraves contenaient 13/100 de sucre et en ont fourni plus de 6.

Le défrichement des polders peut être suivi d'un rendement de 100 000 kilogr. avec une richesse de plus de 13/100. (Communication de Champonnois.)

D'après E. Marchand, la richesse des betteraves ne dépend en rien du sol. Elle n'a pas de rapport avec le quantum de carbonate calcaire. Elle dépend de la précocité de l'ensemencement qui augmente aussi le rendement à l'hectare (1).

La betterave peut être cultivée dans les pays chauds. La blanche de Silésie et la jaune ont réussi en Algérie. Coupée en tranches saupoudrées de chaux, elle peut être desséchée par l'air, chauffé à + 56° à 60°, en un seul jour, d'après de Lirac (2).

(1) *Comptes rendus*, LII, 923.
(2) *Comptes rendus*, XXIII, 637

Digitized by Google

CULTURE DE LA CANNE

649. La culture de la canne dans les colonies européennes, ne remonte pas au delà du XVIe siècle, vers 1510 à Saint-Domingue, où F. Oviedo vit les premières sucreries (1); vers 1520, sur la terre ferme, où Pierre Datienza planta les premières cannes à Conception de la Viga. On attribue la construction des premiers moulins à Gonzalve de Velosa.

Madère et les Canaries fournissaient beaucoup de sucre à l'Europe dès 1420, avant la découverte de l'Amérique.

La Chine, en cela comme en tant d'autres choses, paraît avoir devancé tous les autres peuples; les porcelaines antiques sont ornées de peintures, où Humboldt croit avoir reconnu tous les travaux de l'extraction du sucre; il présume devoir attribuer à cette fabrication une origine très-reculée, peut-être immémoriale (2).

Au Ve siècle, après J.-C., se trouve la première mention de la fabrication du sucre par les Arabes, disciples vraisemblablement des Indiens. Springel cite une description par Moïse de Chorène du *sucre précieux* fabriqué à Chorassan (Perse) (3). Je souligne les deux mots qui paraissent exprimer la nature du sucre, isolé, cristallisé, pur. Jusqué-là c'était un miel, une mélasse plus ou moins grossière qu'on tirait des *roseaux*.

En 1845, la culture de la canne et la fabrication du sucre en Andalousie présentaient neuf sucreries fournissant annuellement 2 millions de kilogrammes de produits, 10 à 12/100 de la canne.

400 000 kilogrammes de sucre blanc,
400 000 kilogrammes de sucre brun,
1 200 000 kilogrammes de mélasse.

La culture (plus ancienne que celle des Arabes, d'après les traces de sucreries) est consacrée aux deux variétés : créole et grande

(1) *Historia natural de Indias*, IV, chap. VIII.
(2) *Essai sur la Nouvelle-Espagne*, II, 425.
(3) *Historia rei Herbariæ*, I, 170.

Digitized by Google

canne d'Otaïti. La fabrication par moulins et presses hydrauliques donne jusqu'à 77 de vesou à 1075, 1083, 1087 de densité (7°,5 8°3, 8°7 densimétriques) à + 17° ou 20° (1).

Un essai de fabrication est signalé à Padoue en 1811 ; il est fait avec la canne *holcus cafer*, ou grand millet des Indes, analogue de l'*arundo saccharifera* (2).

650. La reproduction des cannes a lieu surtout par bouture. On coupe la flèche EF (fig. 124) à partir du point où commence le dernier anneau qui la constitue ; au-dessous de ce point on divise la canne en bouts de 40 à 50 centimètres pour être plantés horizontalement en terre dans des sillons creux de 30 à 40. Le bout le plus voisin de la flèche est considéré comme le meilleur et souvent le seul employé. Sur le fond du sillon est versé l'engrais, admis comme nécessaire, et sur cet engrais on verse quelques centimètres de terre, sur laquelle on pose les boutures, qu'on recouvre de terre à niveau du sol.

Je ne me hasarderai pas à donner des conseils pour le choix des engrais : rien ne me semble plus difficile et moins capable de démonstration. Le lecteur peut trouver dans les Traités de culture les renseignements les plus divers. Tout le monde paraît d'accord sur un point essentiel relativement à l'écart des sillons : 1^{m}.5 est une distance moyenne : pour quelques terrains cette distance peut descendre presque à 1 mètre ; pour d'autres, on la porte à 2^{m}.40 ou 2^{m}.50 même. Quant à la position relative des bouts, le plantement en quinconce est évidemment le seul qui donne l'égalité de distance entre les tiges et certainement le meilleur.

On est moins d'accord sur l'âge des boutures : les uns croient dix à douze mois le plus favorables à la production de sujets vigoureux et riches en sucre ; d'autres veulent quinze à dix-huit mois ; ce qui paraît plus important, c'est l'époque du plantement : il faut choisir celle où ont lieu dans le pays des pluies suffisamment abondantes : le chevelu qui se développe sous les boutures par un temps sec est composé de filaments d'environ 1 millimètre de diamètre et

(1) *Comptes rendus*, XX, 1792.
(2) *Bull. de pharm.*, V, 312.

Digitized by Google

ne tarde pas à périr si la sécheresse continue ; dans le cas de pluie, son développement est beaucoup plus rapide, ses dimensions plus

Fig. 124.

grandes et, au-dessus de la bouture, ne tardent pas à paraître des jets vigoureux, A ou B, sortant de terre en pointe aiguë, pour pro-

Digitized by Google

duire peu à peu des feuilles à 65, 70, 80 centimètres et enfin la plante complète, qui atteint trois à quatre mètres (1).

Une bouture peut donner en quatre ans plus de 80 rejetons : on peut la laisser en terre jusqu'au moment où les efforts de la végétation la soulèvent à fleur du sol.

Toutes les boutures ne réussissent pas; il est presque toujours nécessaire de remplir des vides, ce qu'on appelle faire un *recourage*. La grande sécheresse est presque la cause unique des insuccès. Il faut recourer dans certaines années jusqu'à trois fois ; l'arrosage est un remède utile ou même nécessaire : arrosage ou irrigation bien entendu. C'est le seul moyen de diminuer les recourages, dont l'effet n'évite pas un retard de végétation et une inégalité fâcheuse de la maturité (2).

Lorsqu'on le peut, il est bon de suivre le système de Cazeaux, c'est-à-dire planter un peu avant la saison des premières pluies, ordinairement en mai, et couper onze ou douze mois plus tard après une époque de sécheresse. J'ai dit lorsqu'on le peut, car les conditions atmosphériques ne sont pas les mêmes partout (3).

681. *Choix du terrain.* — Les terres sablonneuses légères paraissent incontestablement les meilleures. Les terres grasses marécageuses donnent un jus aqueux d'une altération facile. On avait autrefois l'habitude de préparer les terres en y faisant deux ou

(1) Cazeaux (marquis de), *Raffinage du sucre*, 1781. — F. Le Breton, *Traité sur les propriétés et les effets du sucre*, 1789. — A. Reynoso.

(2) Au sujet des arrosages il serait peut-être fort avantageux d'en diminuer la nécessité en trouvant un moyen de réduire l'évaporation par les feuilles. Le quantum relatif du sucre serait certainement augmenté. Le moyen pourrait être une extraction des vernis naturels de certaines plantes, des *cactus* par exemple, et l'application d'une petite dose de ce vernis sur les feuilles des cannes. L'application peut être faite par arrosage avec une dissolution très-étendue et ne serait pas beaucoup plus coûteuse que les arrosages à l'eau pure. Ce système rendrait les cultures latérales (café, légumineuses, plantes tinctoriales, etc.), plus faciles et plus avantageuses ; plantés entre les cannes, ces végétaux trouveraient des aliments suffisants sans nuire à ceux des cannes elles-mêmes.

(3) A la Havane on dit : *las siembras de frio son las que levantan los ingenios.* Par des sarclages on enlève les herbes et on profite de ce travail pour achever de remplir les sillons en donnant un buttage aux touffes.

Digitized by Google

trois récoltes d'indigo répétées après une rotation de quelques années. La meilleure terre est d'une couleur cendrée noirâtre et son épaisseur doit être d'au moins 1 à 2 mètres, avec un fond de sable; le tout en pente douce, ou coupé de fossés, pour laisser l'excès des eaux pluviales se drainer facilement.

682. L'automne est la meilleure saison pour planter (fin d'août à fin décembre). La canne prend des forces en hiver, elle se couvre et dès le commencement du printemps elle offre un développement d'une rapidité surprenante. Non-seulement elle est forte et riche en jus, mais ce jus est sucré au maximum et presque sans mélange de sucre inverti. Le travail de ce jus fait immédiatement, ou après quelques mois de conservation (par mon procédé), donnerait toujours un rendement supérieur de plus d'un tiers à celui du travail actuel *quel que soit le procédé suivi*, ce qui couvrirait largement les dépenses et fournirait de grands bénéfices.

683. A mesure que la canne mûrit les feuilles tombent de leurs nœuds, celles d'en bas les premières, et celles du haut restent en une touffe unique, signe certain de la maturité parfaite. Il serait bon de cueillir toujours à cette époque et de conserver les jus par mon procédé pour les traiter plus tard.

Le climat d'Europe ne permet guère une culture profitable de la canne : il existe pourtant des fabriques en Espagne et en Italie; mais leur travail laisse à désirer. En Algérie, en Égypte, on a établi de grandes fabriques, les cannes pouvant y être cultivées aussi utilement qu'aux Antilles et mieux que dans d'autres contrées.

La canne, en Algérie même, donne un suc moins abondant et moins riche qu'en Amérique. Pendant quatorze ou quinze mois elle y est exposée aux ravages des fourmis, très-nombreuses dans cette contrée, d'après de Lirac (1).

On emploie beaucoup à la Guadeloupe un engrais nommé *boue de mer* : c'est une terre argileuse mêlée de débris végétaux et de coquillages : desséchée, cette boue renferme 25 millièmes de sels

(1) *Comptes rendus*, XXIII, 637.

Digitized by Google

solubles, de sel marin en grande partie. Dupuy en a fait l'analyse à cause de son efficacité qu'il vante beaucoup ; elle forme sur plusieurs points du littoral des bancs plus ou moins étendus.

654. La coupe des cannes est faite avec un coutelas ou sabre à quelques centimètres du sol, et en biseau, pour faciliter leur prise par le moulin. On les débite en tronçons d'au moins 1 mètre et on les met en bottes. Cette récolte doit être faite au moment précis de la maturité, parce que la canne est alors au maximum de sa richesse. Mais le moment n'est pas caractérisé d'une manière assez nette. Celle de chaque nœud est dépassée quand la feuille engaînante tombe ; mais, du pied à la flèche, la canne peut offrir plus de 40 nœuds (1) et ceux du haut sont loin de leur maturité.

655. Le rendement des cannes varie beaucoup suivant les influences de terrain, de température, du mode cultural, etc., mais surtout en raison du soin mis à les traiter lors de la maturité vraie. On paraît descendre rarement au-dessous d'un minimum de 2000 kilogrammes de sucre par hectare ; mais on atteint parfois un maximum de plus de 18000 kilogr. Ce rendement n'est jamais au-dessus de 6 pour 100 du poids de cannes, et rarement au-dessous de 5. Le produit de l'hectare en cannes est donc :

Minimum...	40000 k.	(5/100)	Maximum...	360000
— ...	33333	(1/100)	— ...	300000

On peut juger combien cette partie de l'industrie est loin de son perfectionnement.

Il faut dire que le travail des cannes à leur maturité, si la nécessité même en était parfaitement sentie, rencontre de grands obstacles : pénurie de bras, mauvaise saison, etc. Mais un point essentiel doit attirer l'attention des planteurs : ils auraient de bien plus

(1) A. Reynoso en a vu plus de 100 sur des cannes où la flèche ne se forme pas, quant ceux du bas l'ont dépassée. La maturité générale est donc une moyenne dont la plus grande valeur paraît correspondre au jaunissement des nœuds du sommet avant tout fléchage.

Digitized by Google

grands bénéfices s'ils sacrifiaient tout à cette nécessité : la canne mûre peut donner 18 pour 100 de sucre au lieu de 6. Il faudrait seulement ne pas se condamner à travailler tout le jus, mais le mettre en réserve, et rien de plus facile en employant mon procédé de conservation par la chaux : on le verra plus loin.

La canne coupée et mise en tas peut être altérée promptement : l'air absorbé aux coupures amène une prompte inversion du sucre et l'oxydation expliquée § 18; c'est là surtout l'origine des destructions du sucre normal dans une plante qui le renferme seul (en ayant soin d'éviter son altération).

686. Avequin a fourni des renseignements sur les ennemis de la canne à sucre. Dans les Antilles, c'est une calandre, *calandra sacchari*, presque aussi grosse que le petit hanneton de la Louisiane, et dont la larve s'insinue dans les tiges les plus vigoureuses de l'*arundo saccharifera*, s'y développe en rongeant la pulpe, et produit de grands ravages. Puis un autre coléoptère de la famille des *chrysomélides*, mal déterminé. Puis encore un puceron (*aphis*) peu nuisible, et enfin de nombreuses larves d'insectes *pyralides*, *curculionides*, *rhynchophores*, *bruches*, *rynchitis*, etc. De ces nombreux ennemis le plus dangereux est la pyrale, connue sous le nom de *diatræa sacchari*, espèce de phalène, à ailes en forme de chappe ou en toit brisé, noctambule, cachant ses œufs multipliés sous les feuilles pour les abriter de la pluie. Elle exerce d'immenses déprédations dans les plaines basses, les îles peu montagneuses, loin des mornes. On a vu des champs entiers ruinés en peu de temps à Saint-Vincent et dans les autres Antilles. Les cannes atteintes sèchent sur pied. La larve est rose, a seize pattes, et est appelée perceur (*borer*) par les Anglais.

Une fourmi blanche a souvent occasionné d'affreux ravages à la Martinique et dans d'autres colonies des Antilles. Les rats en produisent aussi quelquefois : on les fait disparaître par l'emploi d'une race de chiens spéciale ou par le poison.

L'ennemi le plus redoutable à la Louisiane, c'est la glace (1).

(1) *Journ. de pharm.* [3], XXXII, 335.

Digitized by Google

On consultera sur ce sujet (historique) une note d'Avequin (1).

687. Les autres plantes saccharifères, malgré l'importance de quelques-unes d'entre elles, ne peuvent être l'objet d'une longue étude. Nous dirons quelques mots des principales :

L'érable à sucre (*acer saccharinum*) est une des plantes exploitées en grand. Cet arbre, qui atteint jusqu'à 40 mètres, existe en forêts immenses dans l'Amérique du Nord (Canada, Michigan, Wisconshire, etc.). On le trouve en forêts beaucoup moins étendues au centre de l'Europe (Hongrie et Moravie). Ses feuilles, d'un vert éclatant d'abord, deviennent jaune orange, puis « pourpre fulgurant » à l'automne. La séve est limpide comme une eau de source et très-bonne à boire. Évaporée à feu nu, sans aucune défécation, elle donne un sirop très-riche de sucre (de canne) qui se dépose facilement en cristaux.

L'exploitation dans les forêts américaines est faite par des troupes ambulantes, comme celles de nos charbonniers. Un matériel très-peu coûteux leur suffit. Des tarières de 20 millimètres servent à percer l'arbre obliquement de bas en haut, à 1 mètre du sol, sans dépasser 12 millimètres dans l'aubier. Chaque trou reçoit un tube de bambou, de sureau, ou même de fer-blanc. La séve, qui s'écoule plus ou moins rapidement, est reçue dans des augets qu'on porte au chaudron suspendu sur trois boulins. L'ébullition, déterminée par un feu vif, et modérée au besoin par de la graisse, donne un sirop qu'on se contente d'écumer et de filtrer, encore tiède, au travers d'une couverture de laine. On le reçoit dans des moules où se forme le grain. La séve, en cas d'abondance, est entreposée dans des tonneaux; elle ne peut être conservée plus de deux jours sans fermenter. On évalue à 250 millions de kilogrammes les produits de 1869.

L'érable fournit de la séve pendant quarante-cinq ou cinquante jours. Un arbre peut donner jusqu'à 10 et même 12 litres de séve en vingt-quatre heures, et 20 kilogrammes de *masse cuite* dans une

(1) *Journ. de pharm.* [3], XXXII, 337.

Digitized by Google

saison. Cette masse cuite donne beaucoup de mélasse où les sels solubles abondent : acétate, sulfate de potasse, chlorure de potassium, phosphates acides de chaux et magnésie (1).

La formation du sucre n'a pas lieu dans les racines de l'érable, mais dans le corps ligneux. Sa proportion augmente dans la séve jusqu'à une certaine hauteur, au delà de laquelle elle ne change plus (2). La végétation n'est pas arrêtée par une exploitation annuelle continue, lorsqu'on a soin de varier la position des trous, et de ne pas les multiplier chaque année. L'extraction de 1000 kilogrammes de sucre exige six à sept hommes.

Ce *sugar-camp* est du plus pittoresque aspect. Le chaudron occupe le milieu d'une clairière : il est entouré des tentes et d'une barrière formée par les chariots et les tonnes, solidement établis comme défense contre les bêtes féroces, les panthères ou d'autres carnassiers qui attaquent l'homme, les ours, les ratons et de nombreux fauves, attirés par les produits sucreux. Des sentinelles armées veillent jour et nuit.

En Autriche, la production du sucre d'érable ne dépasse pas 900 000 kilogrammes.

Des essais tentés depuis quelques années dans le Nord de la France font espérer de bons résultats.

D'après Parmentier, 1 kilogramme de sucre résulte de 60 kilogrammes de jus séveux (3).

Avequin réduit la proportion à 40 et même 30 pour les arbres cultivés, débarrassés des arbres voisins qui leur dérobaient la lumière du soleil.

La liqueur est analogue à celle de la canne (*flangourin chicha* de l'Amérique méridionale).

Proust la réduit à 20 (4). Il ajoute : « Au dire des voyageurs, il fond trois ou quatre fois plus lentement que celui de canne, il sucre moins ; on lui préfère ce sucre pour le chocolat. On lui en.

(1) *Journ. de pharm.* [3], XXXII, 280.
(2) *Rush Transactions of the American Philosophical Society*, III, 74.
(3) *Ann. de chim. et de phys.*, LXXV, 10.
(4) *Ann. de chim. et de phys.*, LVII, 145.

Digitized by Google

mêle une partie pour faire des confitures, etc. C'est un sucre moins délicat. »

688. Le sorgho (*holcus saccharatus*, *Sorghum saccharatum*, *holcus sorgho*) est une plante dont l'emploi se fait, en Chine et au Japon, sur une échelle considérable (1); connu en Europe depuis Alexandre le Grand. réintroduit en 1851 par de Montigny. notre consul en Chine, sous le nom de canne chinoise, et par d'autres, sous le nom d'imphy, jusqu'à présent il n'est pas encore l'objet d'une concurrence sérieuse à la canne ou à la betterave.

C'est encore une graminée dont la tige peut offrir 4 centimètres de diamètre à la base dans les terrains humides (France, Algérie); ses nœuds de plus en plus écartés, de la base au sommet, sont le siége de feuilles longues, assez larges, comme elle d'un vert foncé jusqu'à la maturité des graines, où elles pâlissent et jaunissent; elle atteint de 1m,5 à 3 mètres en hauteur. Les semences sont ovoïdes avec un point noir à la place du style. La végétation dure environ cinq mois dans le midi de la France (avril à septembre ou octobre).

Le rendement moyen en tiges (non compris les feuilles et graines) dépasse 50 mille kilogrammes à l'hectare; ces tiges renferment 73/100 d'eau. Elles donnent un jus où l'on peut trouver jusqu'à 17.0 de sucre normal et 0.91 de sucre inverti, richesse qui permettrait un travail sucrier fructueux si la maturité du sorgho pouvait être obtenue plus régulièrement. Le travail, dans le cas dont nous parlons, est facile. On neutralise le jus, on défèque par l'alcool, on évapore et on traite par un peu de noir; le sucre cristallise en abondance.

Malheureusement, le sucre inverti n'est presque jamais en petite proportion dans le jus d'une récolte entière; sa présence nuit beaucoup à la cristallisation, surtout à cause d'une certaine quantité de fécule et de ses produits de transformation, plus nuisibles encore.

(1) Les provinces du sud de la Chine et du Japon, fabriquent tout le sucre consommé par les 36 millions de Japonais et une partie de la Chine méridionale. Cependant la Hollande commence à importer du sucre blanc.

Digitized by Google

Jusqu'à présent le sorgho ne paraît bon en France que pour produire l'alcool. Dans les autres parties de l'Europe on en emploie de 6 à 700 millions de kilogrammes pour extraire le sucre. En Chine et au Japon, la production dépasse 35 millions de kilogrammes de sucre cristallisé. Il ne m'a pas été possible d'obtenir de renseignements certains sur le mode d'extraction mis en usage.

Les graines donnent des produits avantageux, farine, son, etc. (1).

659. Le palmier d'Aren, d'après de Vry, contient une grande quantité de sucre de canne et pas du tout de glucose. Il doit être âgé de douze ans pour supporter les incisions, mais il fournit du sucre pendant plusieurs années. On obtiendrait 80 000 kilogrammes de sucre à l'hectare dans un terrain impropre à toute autre culture (2).

660. Le maïs pourrait donner un peu de sucre : les tiges prises à maturité contiennent 2.5 à 3.5 de sucre. Mais ce corps est accompagné de sucre inverti et de sels qui rendent l'extraction impossible. On peut en faire une variété de glucose; mais cette production elle-même ne présente pas d'avantages sérieux. Elle devient profitable avec la graine, 1 hectare pouvant rendre jusqu'à 4500 kilog. de graines et 6000 kilog. de glucose.

661. La carotte (*dancus carota*), si connue, renferme du sucre, mais moins que la betteravé : j'ai trouvé dans un grand nombre d'essais à peine le tiers, soit 3 à 3.3 pour 100. Quelques auteurs donnent des nombres plus élevés; mais je crois à une erreur. La distribution du sucre est plus régulière, on trouve peu de différence entre la partie voisine du collet et la partie opposée. — Le rendement d'un hectare peut être considérable avec des soins coûteux; 38 à 40 000 kilog. — Il faut, comme pour la betterave un labour

(1) Le lecteur trouvera des renseignements utiles dans les ouvrages de : Sicard, *Monographie de la canne à sucre du nord de la Chine.* — Joulie, *Études et expériences sur le sorgho à sucre.* — G. Ville, *Leçons d'agriculture.* — Boussingault, *Économie rurale.*

(2) *Journ. de pharm.* [4], I, 270.

Digitized by Google

profond; des sarclages et binages nombreux sont, en outre, nécessaires. Jusqu'ici personne à ma connaissance, n'a tenté un essai de fabrication du sucre avec la carotte : je crois la tentative dangereuse en France.

662. Enfin on vient tout récemment de tenter la fabrication du sucre avec le melon. Une société serait établie en Amérique pour opérer sur la base de 800 millions de kilogr. de melon. Ce fruit donne un jus dont le travail serait beaucoup plus facile que celui de la betterave. Le melon d'eau se cultive et se travaille à moins de frais que tous les autres, ou même que toutes les autres matières végétales sucrés. La mélasse est d'un excellent goût. Le travail ne demande qu'un peu de chaux et de noir, pas de gaz carbonique : la proportion d'eau à évaporer est faible.

Le melon demande seulement un tiers du labourage et un quart du sarclage nécessaires à la betterave : sa récolte est facile; les fruits sont propres et ne demandent pas de lavage, le jus ne noircit pas, on peut le garder plusieurs jours sans altération. — La pulpe est excellente, ses propriétés nutritives très-grandes; elle plaît aux animaux (1).

(1) American chemist. Juin 1876.

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

FABRICATION DU SUCRE

SUCRE DE BETTERAVES

LAVAGE ET RAPAGE

663. Au moment de l'arrachage commence la fabrication; dès ce moment on doit veiller de la manière la plus attentive à la préservation du sucre normal et aux causes de son inversion.

Il faut éviter de meurtrir la betterave; la jeter trop fortement sur la terre, l'entamer avec des outils, la laisser mordre par les animaux, c'est condamner la fabrication à des pertes considérables. Les tas formés dans les champs doivent être soigneusement couverts de feuilles, et mis le plus complétement possible à l'abri de la lumière solaire qui, même dans une betterave saine, invertit le sucre. Une betterave hors de terre et dégarnie de feuilles est un flacon d'eau sucrée mêlée des substances les plus aptes à produire l'inversion et la fermentation du sucre; c'est même un flacon mal fermé, capable d'admettre l'oxygène de l'air et de transformer les substances dont il s'agit le plus rapidement possible en agents d'altération. — J'ai vu en 1856, aux environs de Lille, des silos d'une étendue de près de deux hectares où l'on avait enfermé des betteraves fort mal préparées, aux divers points de vue que je viens de mentionner. Ces betteraves s'étaient transformées en une bouillie noire d'où le travail ultérieur le plus soigné n'aurait pu extraire un gramme de sucre ni même une bonne mélasse. J'y reviendrai tout-à-l'heure.

Digitized by Google

En général les betteraves ne sont pas conservées sur place. On les transporte ou à des silos, ou à des bateaux pour les conduire au loin, ou à la fabrique pour une extraction plus ou moins immédiate du sucre. Ce transport doit être fait avec les plus grands soins, les mêmes dont j'ai parlé dans l'article précédent. Ces soins sont d'autant plus nécessaires que le travail de fabrication est plus retardé. Une betterave entamée par une pierre, un outil métallique, etc., travaillée le jour même, donne encore un jus de bonne qualité; mais celle dont on ne doit pas faire emploi sur le champ ne tarde pas à noircir et ne peut fournir de bons résultats.

664. Les silos sont le plus souvent creusés vers l'extrémité des champs la plus voisine d'une route; leur profondeur moyenne est de un mètre, leur largeur de un à deux; on y empile les betteraves en un tas dépassant les bords et formant prisme triangulaire, presque à base équilatérale, l'arête de sommet au milieu du tas; on recouvre avec des planches et de la terre, formant toiture pour laisser écouler facilement les eaux, et garantir les betteraves contre la gelée. — Au point de vue de l'écoulement des eaux, les plus grandes précautions sont nécessaires, comme je l'expliquerai dans un instant en parlant des bateaux. — Au point de vue des gelées, la couche de terre doit avoir une épaisseur déterminée par des conditions nombreuses dont, heureusement, le simple bon sens permet de se rendre compte. Il faut pour conserver la chaleur des betteraves, et lutter longtemps contre le froid, une enveloppe non conductrice; une terre quelconque est toujours moins conductrice à l'état sec; il est donc nécessaire de fermer les silos avec de la terre sèche. L'épaisseur doit être la plus forte possible, surtout lorsque les gelées sont à craindre. Il faut d'ailleurs conserver la terre sèche, par conséquent un toit en planches, ou en plaques de gazon est de la plus grande utilité.

665. Les bateaux servant au transport doivent être aménagés de façon à ne jamais laisser les betteraves atteintes par l'eau; même après un court séjour dans l'eau la plus saine, nous avons vu

Digitized by Google

combien l'absorption de cette eau est facile : non-seulement le jus fourni par les betteraves à la suite de l'immersion est affaibli; mais il est très-notablement détérioré. Son sucre est inverti partiellement et, ne l'oublions pas, quelque faible que puisse paraître cette détérioration, elle est toujours dangereuse, bien au delà de la simple proportion du sucre inverti sous son influence (§ 584).

666. 1° *Transport aérien*. — La méthode consiste à établir un fil métallique, à peu près comme pour le télégraphe électrique, entre le dépôt des betteraves et l'usine. Ce fil, disposé le plus horizontalement possible, doit être assez fort pour supporter des paniers ou chariots soutenus par des roulettes, résister aux secousses, etc.

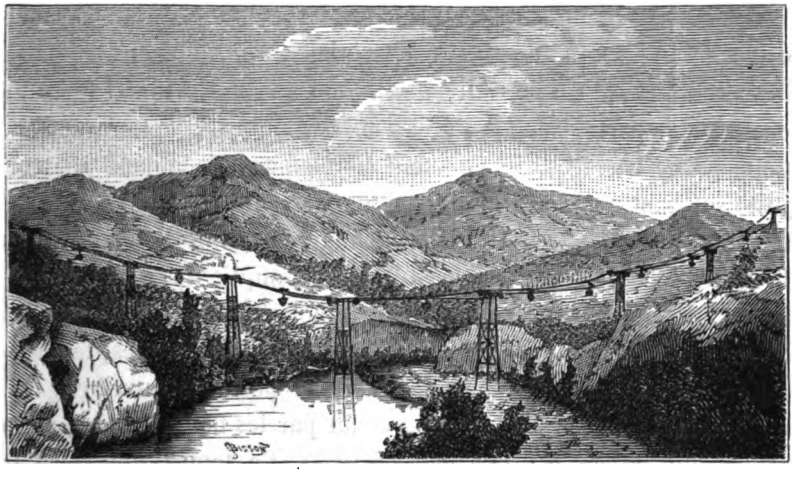


Fig. 125.

Les chariots arrivent pleins de betteraves, se vident et retournent par un deuxième fil, parallèle, de l'usine au dépôt. Quand le fil peut être établi tout en pente depuis le dépôt, les chariots pleins descendent par leur poids et font retourner les chariots vides au moyen d'une chaîne. Lorsque le fil a des hauts et des bas (fig. 125), une machine donne le mouvement.

Les betteraves conduites à la fabrique n'y sont pas toujours

Digitized by Google

immédiatement travaillées ; on les met en tas ou en silos ; les observations précédentes s'appliquent donc à ce dernier cas ; il faut mettre beaucoup de soin à les préserver de la lumière solaire, des gelées, de l'immersion dans l'eau, et des meurtrissures de toute espèce.

Je dois dire un mot du transport en lui-même : ordinairement il est fait par voitures, ou chariots, qui reçoivent jusqu'à 5 ou 6 mille kilogrammes de racines. Ces voitures deviennent insuffisantes en raison de la masse énorme transportable au même moment, en raison aussi de l'encombrement des routes, etc., etc. On a donc cherché d'autres moyens de transport : on a imaginé de transporter les jus au lieu des betteraves ; nous le verrons plus loin.

667. Les betteraves destinées au travail du jour doivent être d'abord soumises à un lavage exact. Elles sont amenées soit à la brouette, soit par un *porteur mécanique* sans fin AA (fig. 126), au-dessus de la partie basse B d'un ascenseur ou monte-betteraves BB'. Cette partie basse est quelquefois simplement logée dans un trou juste suffisant pour la contenir, et dont les parois sont formées par des planches ; mais parfois elle est établie dans une citerne comme le dessin la représente. Cette citerne est remplie d'eau pour commencer le lavage. On a généralement renoncé à ce dispositif par des raisons nombreuses, difficulté d'évacuer l'eau et les boues, fermentation de cette eau, danger d'immersion pour les ouvriers, etc. J'ajouterai le danger d'absorption d'eau par les betteraves quand le temps du lavage est prolongé (§ 584). Ce temps doit être le plus court possible et il suffit parfaitement des deux phases dont nous allons parler. Aussitôt arrivées en B', les betteraves tombent de l'ascenseur dans le *laveur* CC', grand cylindre en tôle perforée zinguée, où elles entrent par une extrémité C et d'où elles sortent après un certain nombre de tours par l'extrémité C'. Le cylindre fait 20 ou 25 tours par minute ; il est plongé dans l'eau d'un tiers de son diamètre, les mouvements de rotation dans ces circonstances produisent un lavage complet. Toutes les parties terreuses les plus fines mises en suspension trouvent une issue facile par les trous de

Digitized by Google

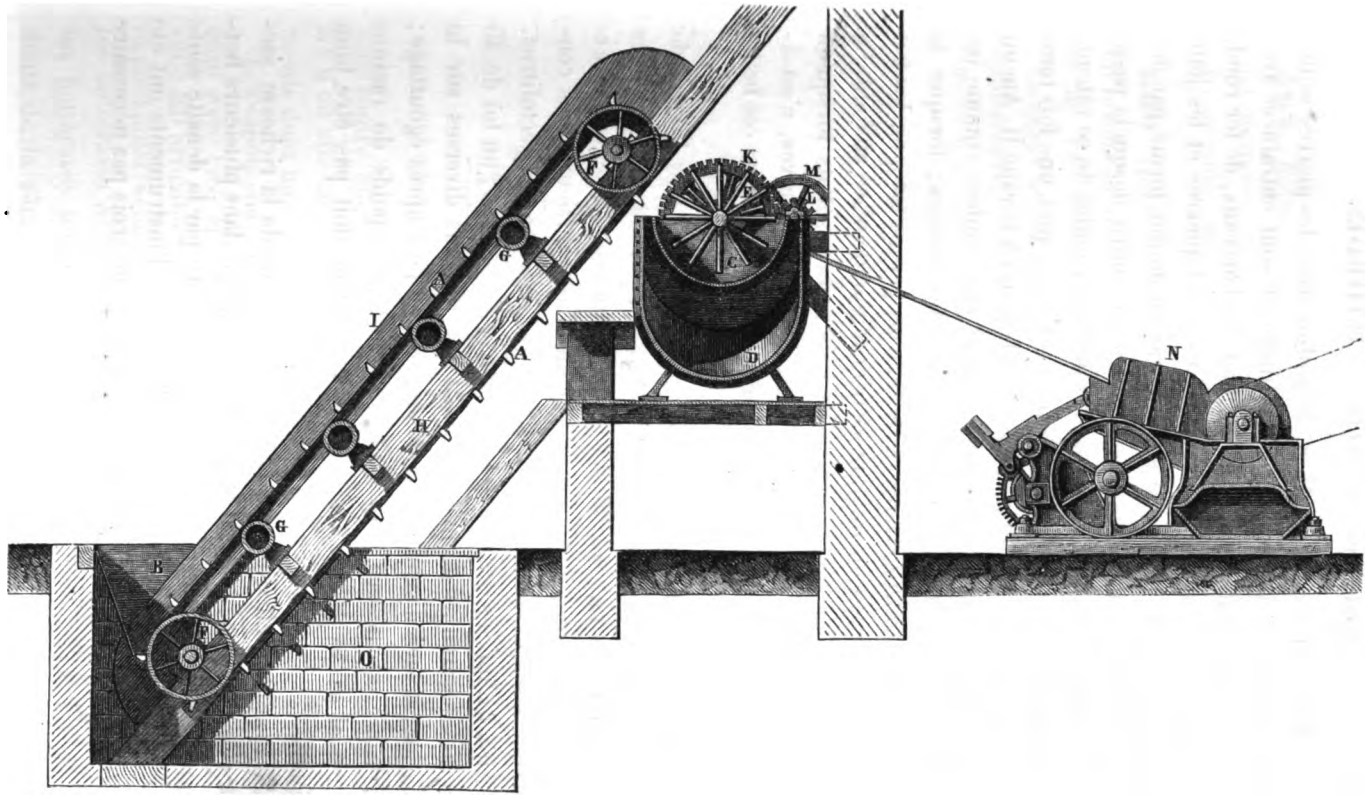


FIG. 126.

Digitized by Google

la tôle dont le diamètre est 18 à 20 millimètres ; les pierres seules restent avec les betteraves dans le cylindre et sont entraînées avec elles vers l'extrémité C'. Une grille dont les barreaux, de fer rond, sont disposés en hélice, soulève betteraves et pierres et les jette dans l'*épierreur* D. C'est une sorte de râteau double formé par des palettes de fonte, losanges très-allongés au centre desquels passe l'axe de rotation E. Soulevées par les dents arrondies de ce râteau, les betteraves seules arrivent au déversoir F sur lequel, une fois tombées, elles glissent par un plan incliné FK jusqu'à la râpe R. Aucun corps lourd, pierres ou métaux, ne peut être soulevé comme les betteraves sans retomber de suite entre les palettes ; lorsque la quantité de ces corps étrangers devient un peu grande, on les fait sortir de l'épierreur en ouvrant le trou d'homme placé au fond. Ce système de lavage donne *rapidement* de bons résultats lorsqu'on fait marcher l'eau pure en sens contraire des betteraves, c'est-à-dire de l'épierreur D à l'extrémité C du laveur où tombent ces betteraves.

La proportion d'eau nécessaire au lavage de 1 000 kilogr. de betteraves peut varier de 2 à 90 hectolitres, suivant la nature des terrains où elles ont été cultivées, etc. ; arrachées d'une terre argileuse très-humide, et apportées par un temps pluvieux, elles conservent assez de terre (§ 637) pour exiger 80 à 90 hectolitres.

Aujourd'hui les betteraves sont reçues après lavage ; un lot de 25 ou 50 kilogrammes formé en choisissant les plus diverses sur le chariot est lavé dans un petit débourbeur et pesé après égouttage ; le déchet est mesuré pour l'appliquer à tout le poids de racines amenées par le chariot. Le séjour dans l'eau ne doit pas être long (§ 584).

Une autre évaluation est faite aussitôt, celle de la richesse saccharine ; on prélève 40 à 50 grammes de pulpe dans plusieurs betteraves, on en fait du jus et on mesure le sucre par la densité seule ou par le saccharimètre. Un grand nombre d'instruments ont été proposés pour ces prélèvements de pulpe ; je ne crois pas nécessaire de les indiquer ici.

Digitized by Google

668. *Râpes.* — Il en existe deux espèces distinctes :
La première, celle de Lampadius, à dents extérieures.
La seconde, celle d'Odobbel, à dents intérieures.

669. *Râpe de Lampadius.* — Elle a été perfectionnée depuis son invention et est aujourd'hui construite comme le représentent les fig. 127, 128 et 129.

Le corps ou tambour, fixé sur un axe C autour duquel il se meut rapidement dans le sens de la flèche R', porte de nombreuses lames dentées qui déchirent les betteraves amenées d'abord en A et pous-

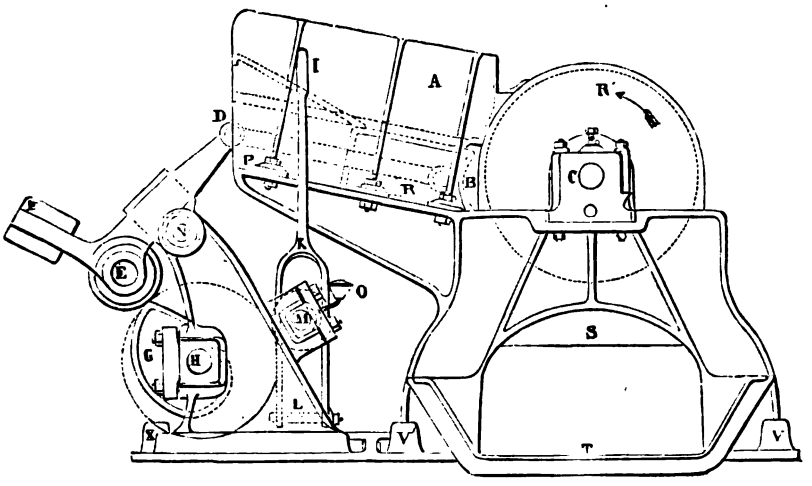


FIG. 127.

sées contre elles par les sabots B. La pulpe tombe dans une cuvette ST d'où elle est extraite par le *pelleteur* ou la pompe à pulpe, instruments dont nous parlerons tout à l'heure.

Les sabots sont mis en mouvement chacun par une lame S tournant avec l'axe H pour donner le va-et-vient au galet E de la manivelle ED articulée à charnière en D avec la tige DB du sabot. Celui-ci peut ainsi reculer jusqu'au bord de la trémie, sur laquelle glissent les betteraves AI et s'avancer ensuite jusqu'en B où il pousse la ou les betteraves tombées entre I et B jusqu'à deux millimètres des dents de la râpe; un nouveau recul succède, puis une nouvelle

Digitized by Google

poussée, etc.; — les cames sont à 120° l'une de l'autre pour occuper toujours la moitié de la râpe. — L'embrayage est donné ou démis par le levier IO fixé sur l'arbre brisé M.

Le tambour (fig. 128) est horizontal DD'''. Solidement fixé sur l'axe

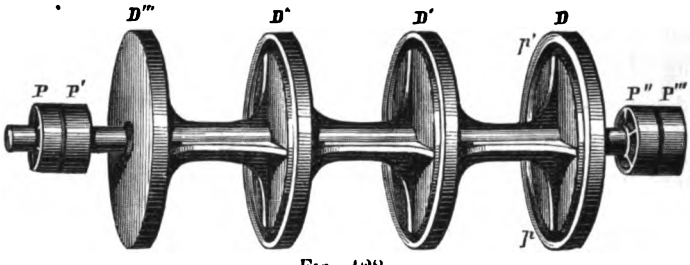


FIG. 128.

avec lequel il tourne dans les coussinets N, N', il porte suivant les génératrices de sa surface cylindrique des lames de scie en acier *a*, maintenues par des lames de bois plus épaisses CC' (fig. 130) serrées au moyen de tasseaux en acier FF', *forcés* en sens inverse. Le tambour est divisé en plusieurs compartiments, 3 ou 4 au plus, formés par les plateaux circulaires, bases du cylindre, et deux autres plateaux à chaque tiers de l'axe. Ces plateaux sont en fonte; une rainure circulaire, près de leur circonférence, reçoit les extrémités des lames, d'acier et de bois, mises par ce moyen hors d'état de céder à la force

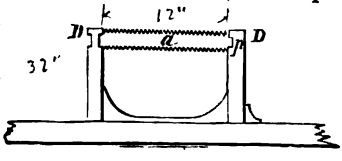


FIG. 129.

FIG. 130.

centrifuge énorme produite pendant le râpage. En moyenne le tambour fait 1000 tours par minute. Son diamètre étant d'à peu près 0m,80 chaque dent de scie parcourt 2 500 mètres, et on voit combien la force centrifuge est grande. La longueur des lames d'acier est de 0m,30, celle d'une génératrice 0m,90 ou 1m,20. La surface râpante est donc 2260 mètres carrés par minute, ou 3014. Les dents de scie sont écartées de 2 à 3 millimètres, les lames de 10 millimètres. On peut

Digitized by Google

donc compter par mètre carré 54 600 dents. En une minute 163 800 000 dents passent devant les betteraves soumises à leur action. La moitié environ demeurent inutiles.

Un engin aussi puissant déchire les betteraves et les réduit en pulpe dans une fraction de seconde, mais il faut pour cela pousser les racines sur la râpe avec une certaine force. Après leur chute dans la trémie D, les betteraves sont saisies entre la râpe et les sabots des *pousseurs mécaniques* B, continuellement tenus en va-et-vient par un levier BE', mobile autour de l'axe E', sous l'impulsion d'une came O, dont la partie saillante presse le bras de levier supérieur et pousse ainsi le sabot jusqu'à 2 millimètres des dents de la râpe, avec l'aide d'un galet E; en suivant sa route, la came dégage le levier; peu à peu, sous l'action du contre-poids F, celui-ci ramène en arrière le *sabot* B, d'environ 35 à 40 centimètres, espace assez grand pour contenir les plus grosses betteraves entre le sabot et la râpe. Ce mouvement alternatif, répété par d'autres sabots dans chaque compartiment, de manière à espacer chaque mouvement de $\frac{T}{n}$ (T temps d'une allée et d'une venue; n nombre des sabots) entretient sur la râpe une pression relativement uniforme, utile au bon emploi de la force et à l'usure régulière des dents. En moyenne l'arbre des pousseurs fait 10 tours par minute.

Ce dernier point mérite une attention particulière; l'intervalle réservé entre les sabots et les dents *neuves* est assez petit pour entraîner le râpage complet des betteraves, mais, à mesure du travail, cet espace s'agrandit des deux côtés. Les dents s'émoussent, la surface des sabots est elle-même un peu usée. Une lame de betterave peut passer sans être réduite en pulpe et cette lame, cette *semelle*, est autant de perdu pour la fabrication.

670. Les lames ont une durée variable, non-seulement parce que les unes sont en fer, les autres en acier; mais la nature des betteraves, l'espèce du sol où elles ont végété, la nature siliceuse de ce sol, etc., sont des causes plus ou moins actives de destruction.

Digitized by Google

En moyenne un jeu de lames de fer peut durer sept à huit jours. Un jeu de lames d'acier dure quinze à vingt jours.

671. Les prix, qui sont en général :: 1 : 1,3, doivent faire préférer l'acier.

672. Le mouvement de rotation donné à la râpe, par une transmission du moteur général, doit être appliqué de manière à conserver le plus possible la coïncidence de l'axe du tambour avec l'axe des coussinets. Le mieux est de partager le tambour en deux parties sur un même axe et de placer la poulie motrice entre ces deux parties. Les coussinets éprouvent ainsi le minimum de fatigue, ou, ce qui revient au même, la surface cylindrique râpante passe toujours à peu près par les mêmes lignes, c'est-à-dire à la même distance des sabots, et les semelles n'augmentent ni en nombre ni en épaisseur.

673. Les poulies de transmission placées en contre-haut doivent être dirigées suivant un plan parallèle à celui du mouvement des sabots, perpendiculaire à l'axe de la râpe, et dans ce plan suivant l'angle sous lequel agissent les sabots. C'est le meilleur moyen de garder la régularité de rotation et d'éviter une pression trop forte contre un côté des coussinets, dont l'usure serait trop rapide.

674. Les pousseurs fonctionnent de deux manières. Leur action est *continue* ou *intermittente*. Les pousseurs intermittents sont ceux dont nous avons commencé la description : ils sont presque les seuls employés. Leur intermittence est un défaut; mais jusqu'ici les défauts des pousseurs continus sont encore plus graves; on doit donc les préférer. Voici ce qui les concerne encore : chaque sabot est une sorte de prisme triangulaire en fonte dont l'une des faces, destinée à serrer les betteraves contre la râpe, doit avoir la courbure de celle-ci. Ce prisme exécute le va-et-vient dans une boîte quadrangulaire en fonte. Son recul, au moment où la came aban-

Digitized by Google

donne le galet, ne va pas à moins de 35 centimètres. Chaque tour durant 6 secondes, la poussée dure 5 secondes à peu près : il y a 1 seconde d'intermittence.

675. Les pousseurs continus ont une forme cylindrique. Dans la râpe Carion-Delmotte, ce sont des palettes dentées fixées à angle droit sur l'axe du cylindre. On les établit à une petite distance de la râpe, en nombre égal à celui des compartiments. Une autre rangée de ces cylindres est placée au-dessus des premiers à une distance plus grande afin de recevoir les betteraves amenées de l'épierreur. C'est une disposition très-ingénieuse mais très-délicate.

676. On a construit des râpes de modèles très-nombreux. Je dois citer ici les plus employées :

La râpe Fesca, très-répandue dans toute l'Allemagne, ne diffère pas essentiellement de la précédente. Au lieu d'agir par une came sur le galet du levier, c'est par une manivelle où est fixé un tourillon glissant dans la rainure longitudinale dont le grand bras de levier est percé. Ce moyen n'a rien d'avantageux. L'arbre des manivelles est mis en mouvement par un engrenage, source de danger inutile. Au-dessous de la râpe est un malaxeur à palettes disposées en hélice autour de l'arbre. C'est une addition nuisible. Le mélange des parties de la pulpe est effectué dans de meilleures conditions par le pelleteur, dont nous parlerons plus loin (§ 704), le malaxeur Fesca coûte cent fois sa valeur; il absorbe une force considérable; pendant les instants où la betterave manque, il expose à l'air, par toute la surface des palettes, une quantité de pulpe notable dont le sucre est presque entièrement perdu et dont le mélange ultérieur avec une pulpe nouvelle en diminue de beaucoup les qualités. Son entretien est assez coûteux.

677. Une disposition ingénieuse pour éviter les poussoirs a été imaginée par Klusemann. Les betteraves tombées du laveur dans une trémie B, fig. 131, s'y enfoncent en repoussant le petit volet v mobile autour de son bord horizontal supérieur; elles sont saisies

Digitized by Google

par l'une des cannelures du cylindre C dont les saillies frisent les dents de la râpe R et marchent en sens opposé. Elles sont maintenues par le poids des betteraves supérieures et rapprochées lentement de la râpe par la saillie qui les supporte. Le mouvement est lié

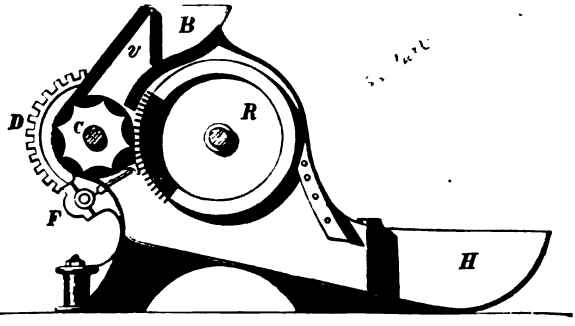


Fig. 131.

à celui du tambour, dont l'axe porte un manchon *m* entouré de la courroie d'une poulie P calée sur l'arbre d'un pignon F commandant la roue dentée D de l'arbre du cylindre. Le travail paraît régulier. La râpe est vue en plan fig. 132.

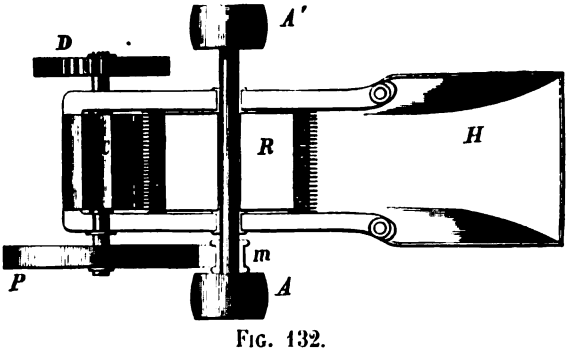


Fig. 132.

678. Robert, de Seelowitz, emploie un moyen plus simple encore, fig. 133. Les betteraves amenées dans une longue trémie B, dont l'ouverture est assez étroite mais dont le corps s'élargit de plus en plus jusqu'à dépasser la longueur du tambour, forment elles-mêmes la charge suffisante pour tenir lieu de pousseurs. Cette

Digitized by Google

charge est constante si la trémie ne cesse d'être pleine et si les betteraves ne s'entassent pas à l'ouverture, ce que le plan incliné *ni* rend impossible. Le râpage est donc régulier. Le bruit étouffé par la trémie n'est plus intense hors le cas de la présence d'un corps dur. Quand cet accident se produit le double levier LH permet de retenir

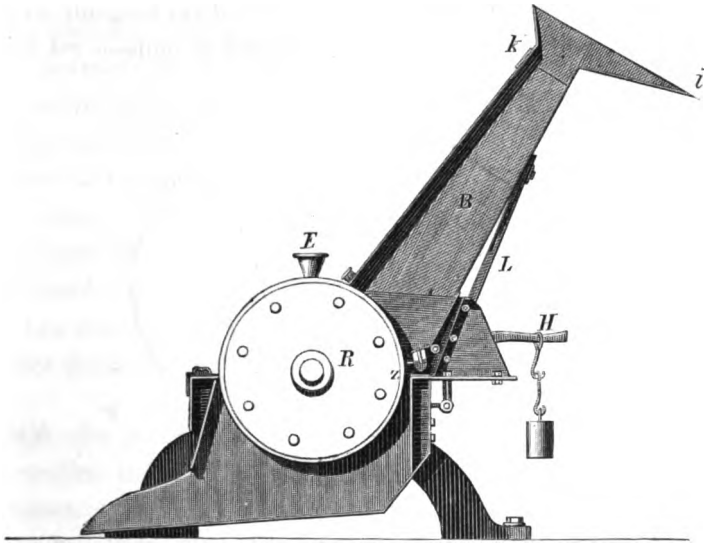


FIG. 133.

les betteraves dans la trémie en la fermant par une valve en même temps qu'on en peut ouvrir une seconde à la partie inférieure et extraire le corps dur. Les poignées du levier sont parfaitement sous la main et se manœuvrent rapidement. La râpe R est sans cesse arrosée par la rigole E.

679. La râpe Joly et Camus est établie pour un but spécial. Au lieu de 100 lames, sur un tambour donné, elle n'en a pas plus de 10. Les auteurs veulent une pulpe *longue* destinée aux presses continues. En outre les betteraves sont saisies dans une trémie recourbée formant une bouche de 22 centimètres, en contre-haut de l'axe du tambour et sur toute sa longueur. La tôle se rapproche de plus en plus du tambour sur un peu moins d'une demi-circonfé-

Digitized by Google

rence et finit en un *gosier* très-étroit, et d'une grande régularité due à l'épaisseur de la pièce de rencontre, 40 centimètres. Bien entretenue, cette râpe ne donne pas de semelles.

680. L'expérience prouve la nécessité de diriger la pression sur le tambour suivant un angle aigu relativement à la tangente au point de pression. Soit A ce point, fig. 134, quand la poussée est donnée

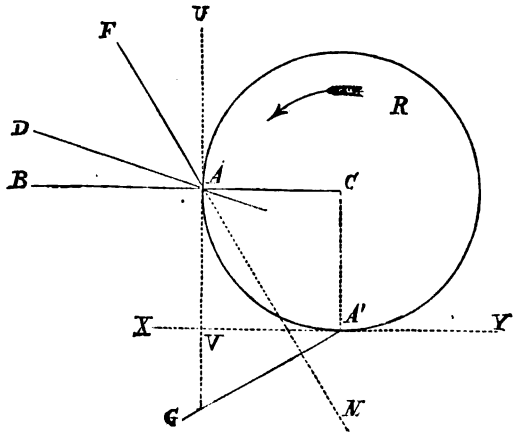


Fig. 134.

suivant BA, prolongement du rayon CA, c'est-à-dire perpendiculairement à la tangente UV, les dents de la râpe arrachent plus qu'elles ne coupent. La pulpe est très-fine, mais on en obtient peu. Suivant DA, sous un angle DAU plus petit que BAU, le travail est plus avantageux pour la quantité, mais la pulpe est moins fine. Sous un angle plus petit encore FAU nous approcherons du maximum en poids et du minimum en finesse. Bien entendu ces effets sont les mêmes en tout point; par exemple si l'on pousse en A′ sous l'angle GA′X = FAU (XY est perpendiculaire à VU, GA′ l'est à FAN), l'action de la râpe est identique.

Ces considérations, applicables à toutes les râpes, ont guidé Robert dans la construction de la sienne; mais, il faut le dire, l'état des dents ôte beaucoup de leur valeur à de tels aperçus.

Digitized by Google

681. Un détail important dans les râpes est la production des *semelles*. On doit mettre tous ses soins à les éviter. Pour y parvenir on adapte, à la partie inférieure des auges à sabots, une lame de tôle nommée *plaque de rencontre* mobile et pouvant être approchée de la râpe à une distance de 1 à 2 millimètres. La mobilité vient d'une vis logée dans un premier écrou faisant corps avec les auges et d'un deuxième écrou fixé sous la plaque : le réglage en est facile. On fait tourner doucement la râpe pour connaître les lames dont les dents atteindraient la plaque et les faire rentrer par un nouveau montage ou à coups de marteau.

Après la plaque de rencontre, on dispose ordinairement une *contre-râpe* : c'est une solivette de bois dont la face supérieure, creusée avec la courbure de la râpe, reçoit une demi-douzaine de lames dentées qu'on maintient le plus près possible des dents de la râpe. Les semelles entraînées jusqu'à cette contre-râpe sont presque toujours déchirées par elle.

682. De grands efforts ont été faits pour éviter la production des semelles. On fait d'abord tout le possible pour diminuer l'usure des lames. Après avoir laissé tourner la râpe pendant vingt-quatre heures dans le même sens, on change le bout posé sur chaque coussinet pour la faire tourner en sens contraire et rabattre le fil des dents. Lorsque, malgré cette précaution, les dents ont subi une usure trop forte, on les tourne sur elles-mêmes d'un demi-tour, le limbe usé vers l'axe du cylindre; le deuxième limbe, dont les dents sont neuves, vers l'extérieur. Et quand ce second limbe a subi la même destruction que le premier, on refait la denture, ou même on remplace les lames par d'autres.

Lefranc, de Flavy-le-Martel, a imaginé un bon dispositif pour tenir lieu de la plaque de rencontre et de la contre-râpe à la fois. Il entoure la moitié inférieure de la râpe avec une tôle de 3 à 4 millimètres solidement fixée des deux côtés au bâti. Cette tôle est forée dans le sens de la longueur de trous rectangulaires; tous de 5 centimètres sur 5 à 10 millimètres de large, ces derniers à partir des pousseurs. Les semelles viennent s'entasser dans l'étroit

Digitized by Google

espace, 1.5 à 2 millimètres, laissé entre la râpe et la tôle, dont les trous sont autant de précipices où elles ne peuvent que culbuter sans les franchir; tous les fragments éprouvent le même effet et sont réduits en pulpe.

683. Tous les arrangements mécaniques des râpes ont besoin de la plus grande promptitude. On établit au-dessus de la râpe un palan dont le cordage, terminé par deux crochets, permet de saisir les deux extrémités de l'axe, après dévissage des coussinets, et d'enlever la râpe au-dessus du bâti. On amène un chariot porteur d'une auge demi-cylindrique en tôle, de dimensions assez grandes pour recevoir la râpe sur des coussinets où on peut la faire tourner aisément et on la transporte à l'endroit le plus convenable pour le travail dont elle a besoin.

684. La force nécessaire pour mouvoir les râpes dépend d'éléments variables.

A la vitesse de 1000 tours, une râpe à quatre compartiments, des dimensions indiquées, peut donner aisément la pulpe de 255 à 260 000 kilogr. de betteraves en vingt-quatre heures (vingt-deux de travail). Il résulte de ce fait que 15302 mètres carrés de surface râpante ont été développés pour 1000 kilogr. de racines, et, en admettant 1/2 inutiles, le râpage est produit par 7650 mètres carrés ou 41 769 000 dents. Soit à peu près 42 000 dents pour 1 kilogr.

Ce chiffre varie avec l'état des dents, la surface de la râpe et surtout la vitesse. Dans de mauvaises conditions, il peut aller presque au double.

685. La force nécessaire pour la râpe varie aussi avec les mêmes conditions. Pour la râpe dont nous parlons, on peut ne pas absorber plus de 18106 kilogrammètres en vingt-quatre heures. C'est 18/260 pour 1000 kilogr. de betteraves. Dans les râpes à deux compartiments et de 800 tours on arrive quelquefois à 68 925 kilogrammètres, ou 23/75 par 1000 kilogr.

Digitized by Google

686. Les râpes à denture interne ont été jusqu'à présent les moins nombreuses.

La première, celle d'Odobbel, avait la forme d'un tronc de cône, intérieurement rempli de lames dentées et tournant autour d'un axe vertical. Les betteraves versées dans ce tambour sont projetées à l'instant par la force centrifuge et roulées contre la denture qui les déchire sous un angle minimum. La pulpe évacue l'appareil sous l'impulsion centrifuge en passant au travers de nombreuses lumières longitudinales percées dans les intervalles des lames. Elle est reçue contre les parois d'un tambour fixe d'où il est difficile de l'extraire.

Molard a proposé de perfectionner cette râpe en remplaçant la forme cônique par la forme cylindrique, où les lames sont de même grandeur. Les betteraves sont amenées dans la trémie au-dessus du cylindre, mais latéralement.

687. Champonnois a changé le rôle du tambour et, de mobile, l'a rendu fixe. On le construit en assemblant des lames d'acier LL'L'' (fig. 135) dans la rainure circulaire d'un bâti de fonte BB'B''ST ; l'intervalle entre les lames est de 10 à 12 millimètres ; on le remplit avec des barrettes de fer, dont une sur 3, 4, ... est creusée dans son épaisseur et sur les quatre cinquièmes de sa longueur à peu près, d'un peu plus d'un millimètre et demi. On obtient ainsi les lumières longitudinales pour la sortie de la pulpe. Les betteraves amenées sans interruption dans la trémie latérale ST tombent dans le tambour et sont à l'instant frappées fortement par la palette PP' en fer épais de 4 centimètres, arrondi sur tout le limbe intérieur de l'échancrure en U qui sépare les bras P,P'. Cette palette, solidement calée sur l'arbre VX est menée à 800 tours. L'expérience a fait adopter cette vitesse comme la plus favorable. On obtient une quantité considérable de pulpe, 200 000 kilogr. en vingt-quatre heures, et d'une grosseur variable, en faisant varier les conditions d'emploi, par exemple :

1° La distance des limbes horizontaux de la palette aux dents de la râpe, distance qui ne dépasse guère 12 à 15 millimètres sans

Digitized by Google

occasionner la formation d'une plaque de pulpe trop épaisse et un frottement coûteux à vaincre.

2° La vitesse. Il n'est pas avantageux de dépasser 800 tours dans

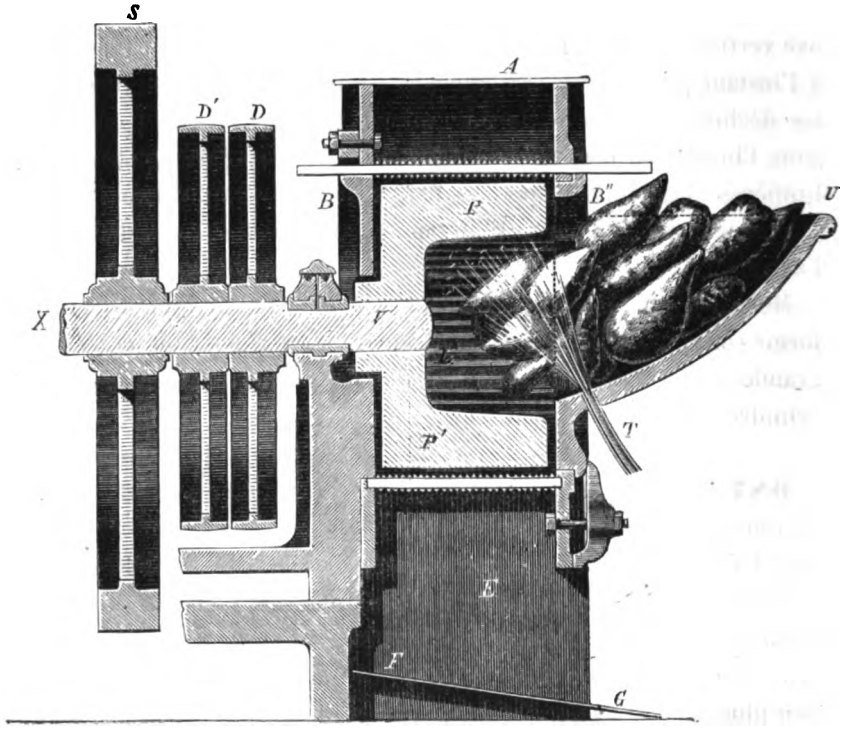


FIG. 135.

le cylindre des dimensions représentées (40 centimètres de diamètre). Déjà cette vitesse engendre une pression centrifugale

de 135 fois le poids à l'extrémité du rayon (sur les dents)
et de 70 — à la moitié du rayon.

Une pierre introduite dans la râpe, exerçant par toute sa surface une pression aussi douce ne peut pas détériorer la denture aussi profondément, à beaucoup près, que dans les râpes à poussoirs.

3° La saillie des dents. On ne lui donne pas plus d'un demi-milli-

Digitized by Google

mètre. Il est important de limiter cette saillie et de la tenir bien uniforme. On y parvient en appliquant à l'intérieur du tambour une lame de caoutchouc épaisse du demi-millimètre, soutenue par un fragment de cylindre métallique calé provisoirement sur l'arbre de la palette et du diamètre 399 millimètres. On met les lames en place et on les chasse par l'extérieur du tambour avec assez de force pour traverser le caoutchouc jusqu'au cylindre égaliseur.

4° Le nombre des lumières. Moins ce nombre est grand plus la pulpe est fine. On assemble, comme je l'ai dit, 3, 4 ..... lames avec des barrettes pleines avant d'en ajuster une échancrée, etc.

Il est évidemment nécessaire d'entretenir une grande régularité d'alimentation. Plusieurs effets en dépendent; chaque interruption laisse les betteraves moins pressées, la plaque de pulpe moins forcée de traverser les lumières, l'oxydation et le noircissement du jus plus intenses, etc.

Il n'est pas moins indispensable de conserver le plus possible les dents tranchantes. Un moyen simple consiste à changer le sens du mouvement de la palette toutes les six heures, ou même plus souvent. Malgré cette précaution, les dents ne tardent pas à se couvrir d'un dépôt cristallin principalement formé d'oxalate calcique et presque identique aux concrétions observées dans la betterave, surtout au voisinage du collet (fig. 117). Champonnois a longtemps employé la chaleur pour débarrasser la râpe de ces concrétions gênantes; il préfère maintenant remplacer le tambour par un autre, à dents nettoyées ou neuves, toutes les douze heures. Cet intervalle suffit après démontage pour obtenir la dessiccation et le détachement complet du dépôt cristallin.

L'arbre VX est mis en mouvement par les poulies D,D′ dont l'une est folle; un volant K sert à la fois de contre-poids et de régulateur.

La pulpe tombe du haut de la chemise AE dans la cavité inférieure E d'où elle glisse, par le plan incliné FG, dans l'auge du pelleteur ou de la pompe à pulpe (§ 705); elle est arrosée avec le jus faible ou l'eau pure au moyen du tube T.

La râpe Champonnois possède plusieurs avantages : utilisation

Digitized by Google

continue de la surface râpante tout entière; mélange exact de la pulpe avec l'eau, production de toute espèce de pulpe à volonté, sans aucune formation de semelles.

Ses inconvénients sont aussi nombreux : nécessité de remplacer le tambour toutes les douze heures; mouvement en porte à faux (le volant ne fait pas équilibre à la palette et l'usure inégale des paliers la décentre); nécessité d'une surveillance plus attentive si l'on veut éviter les accidents graves; dépense de force extraordinaire quand l'alimentation n'est pas régulière, la vitesse pouvant être réduite au point d'absorber toute la puissance du moteur; introduction d'un corps dur volumineux, etc. Mais, de tous les inconvénients, le plus sérieux et le plus étrange est l'infériorité du jus, comparé à celui des râpes dont j'ai parlé plus haut (1); l'infériorité consiste en abondance de pulpe folle et diminution du coefficient de pureté; c'est l'effet de l'action prolongée des dents sur la pulpe : les cellules sont plus ouvertes, leurs parois plus déchirées, par suite les sels mieux atteints. Cet inconvénient ne peut être évité; toute râpe à denture interne et tambour fixe le produira toujours. La préférence conservée pour les râpes ordinaires en est surtout motivée.

Pour le nettoyage, Champonnois a reconnu de l'avantage à ne plus chauffer l'intérieur de la râpe. Il préfère la démonter quatre fois en vingt-quatre heures, et renverser le mouvement toutes les trois heures. Au démontage, on trouve les dents recouvertes d'une couche saline très-dure; c'est de l'oxalate de chaux, principalement, en cristaux aigus; on peut dire que ce sel est alors le véritable agent diviseur : ce sont des dents d'oxalate qui produisent le râpage.

La quantité de pulpe fournie par la râpe ne dépasse pas 22 à 23/100, d'après Champonnois.

688. Le râpage des betteraves ne tarderait pas à encrasser les dents de râpe si l'on n'arrosait continuellement avec de l'eau ou des jus faibles, en général avec un liquide ne contenant aucune matière

(1) Dans le cas même d'une double râpe sur le même arbre, on n'évite pas cet inconvénient.

Digitized by Google

solide en suspension (eau de chaux, etc.); l'arrosage est pratiqué sur toute la longueur au moyen d'un tube T percé de trous nombreux communiquant avec un réservoir.

La nature de l'eau versée sur la râpe a une sérieuse importance. La quantité s'élève à 20 et 25 pour 100. La pulpe de 1000 kilogrammes reçoit 250 kilogrammes ou litres d'eau, prise ordinairement dans un puits ou dans le réservoir d'une source voisine. Ces eaux naturelles peuvent contenir des sels d'une nature défavorable pour le travail. Voici quelques analyses de ces eaux :

	EAUX DE PUITS				EAUX DE RIVIÈRES	
	Paris.	Reims.	St-Cyr.	St-Brimont (Somme).	Reims.	Seille.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Carbonate de chaux.....	0.241	0.237	0.074	.....	0.164	0.260
Sulfate de potasse.....	0.327	.....	.....	.....	0.003	
— de soude.....	0.244	0.184	0.034	0.568	.....	0.266
— de chaux	0.846	.....	0.218	.....	.....	
Chlorure de potassium ..	.....	.....	0.082	.....	0.003	0.396
— de sodium.....	.....	0.285		6.598	0.006	
— de calcium.....	0.301	.....	.....	.....	.....	.....
Azotate de potasse.....	.....	.....	.....	.....	.....	
— de soude.....	.....	0.040	.....	.....	.....	0.120
— de chaux.....	0.428	0.542	.....	.....	.....	
Phosphate de soude.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
— de chaux.....	.....	0.021	.....	.....	.....	.....
Acide silicique.....	0.025	0.016	0.010	0.082	0.002	0.014
Alumine oxyde de fer....	0.022	0.018			0.005	.....
Crenate, etc.....	0.072	0.111	.....	.....	0.008	.....
Matière organique azotée.					.....	.....
Eau de cristallisation....	0.219		.....	0.507	.....	0.180
	2.725	1.454	0.418	7.755	0.191	1.236
Sels solubles.....	0.891	0.983	0.109	7.670	0.021	0.784
— insolubles.....	1.834	0.471	0.309	0.085	0.170	0.452

L'eau de Saint-Brimont présente un cas exceptionnel : il s'agit là d'un puits foré à 15 kilomètres de la mer, dans un terrain très-chargé de chlorure de sodium; mais il n'est pas rare de trouver des eaux toutes semblables à celles du puits de Paris ou de Reims et de la Seille. En admettant le même partage en sels solubles et sels insolubles dans l'évaporation des jus et dans l'évaporation de l'eau seule

Digitized by Google

on voit que 1000 kilogrammes de betteraves, mêlés avec 250 litres d'eau, reçoivent :

	gr.
Sels solubles du puits de Paris.....	222.75
— du puits de Reims.....	245.76
— de la rivière la Seille.....	196.00

Ces 1000 kilogrammes, contenant naturellement 2200 à 2500 gr. de sels, les eaux dont nous parlons augmentent d'un dixième cette quantité, ce dont il suffit de dire le chiffre pour éveiller une attention nécessaire. Non-seulement ces eaux, par l'augmentation des sels solubles, rendent l'extraction du sucre plus difficile; mais elles rendent en outre l'évaporation très-coûteuse par la proportion et la nature des sels insolubles qu'elles déposent dans le triple effet et la cuite. 1000 litres de jus laissent, de leur part :

Sels insolubles du puits de Paris.....	458 gr.
— du puits de Reims.....	118
— de la rivière la Seille.....	113

et ces sels insolubles sont en grande partie du sulfate de chaux, l'incrustateur par excellence, le sel dont le fabricant doit redouter et éviter la formation (1).

Il faut employer de l'eau distillée autant que possible; en tout cas de l'eau sans sulfate. La purification des eaux qui en contiennent est facile par l'eau de baryte, réactif dont le prix est abordable maintenant, et serait couvert avec avantage par l'économie dans l'entretien des appareils. Rien de plus facile du reste : L'eau à purifier, recueillie dans un réservoir en tôle zinguée de 10 à 20 mètres cubes, recevrait la quantité de baryte déterminée par une analyse exacte, faite une fois pour toutes, de l'acide sulfurique tenu dans ses sulfates. Un agitateur la remuerait fortement pendant deux minutes pour bien mêler. Un repos de vingt-quatre heures la rend limpide : tout le sulfate de baryte tombe au fond du réservoir; un petit excès de baryte ne peut nuire, il neutralise l'acide carbonique, dont les

(1) Dans une fabrique opérant sur 250000 kilogrammes de betteraves par jour, pendant cent vingt jours, le poids des sels atteindrait pour le premier cas, 13 740 kilogrammes.

Digitized by Google

eaux sont toutes plus ou moins chargées et amène ainsi le dépôt d'une grande quantité de carbonate de chaux. La purification serait donc complète pour les sulfates et seulement partielle pour le carbonate calcaire.

Plusieurs fabricants d'Allemagne ne reculent pas devant un deuxième râpage avec arrosement d'eau. Ce mode de travail remonte à plus de trente ans (1). Il a l'avantage de donner une deuxième pulpe réellement homogène ; mais il exige une rapidité dont on n'est pas toujours maître et une extrême propreté, sans compter les dépenses; il est d'ailleurs presque inutile dans le cas des presses continues, où jamais la pulpe n'occupe une épaisseur aussi grande que dans les sacs. — Il ne doit être employé ni pour l'un ni pour l'autre cas. Un malaxeur délayant la pulpe dans la quantité d'eau ordinaire, 25/100, est certainement bien préférable (§ 584).

689. On verse l'eau presque partout, non pas sur la râpe, mais sur la pulpe de 1re pression (§ 738); purifiée comme nous venons de le dire, elle ne ferait donc courir aucun risque pour les bestiaux. Il est toutefois essentiel de l'employer claire, bien privée de sulfate de baryte en suspension, car ce sel est vénéneux.

La distribution de l'eau sur la pulpe de 1re pression, et celle du jus faible, qui en provient, sur la râpe, ont besoin d'être réglées soigneusement. L'eau pure envoyée sur la pulpe, à raison de 25 pour 100 en moyenne, est prise au réservoir, dont le niveau est constant, par un robinet gradué. Le robinet spécial placé sur la presse permet à l'ouvrier d'employer la totalité de l'eau ou seulement la fraction convenable au travail. Le jus faible de 2me pression va droit à la râpe et délaye la pulpe dans la même proportion. Pendant les arrêts momentanés des presses on fait tomber de l'eau pure sur la râpe. Cette eau vient du même réservoir par un deuxième tube réglé *ad hoc*.

690. On juge la proportion d'eau plus simplement et à tout

(1) *Journal de l'association des fabricants allemands*, I, 231.

Digitized by Google

instant en comparant la densité du jus naturel à la densité du même jus diminuée par l'eau. Le saccharomètre Maumené donne par exemple 16.4 dans le jus naturel et 12.7 dans le jus dilué; le volume 100 du jus naturel est devenu :

$$100 \times \frac{16.4}{12.7} = 129$$

il a été augmenté de 29 volumes.

D'ailleurs, en moyenne, 100 de betteraves contiennent 95 de jus. La proportion :

$$100 : 29 :: 95 : x \qquad \text{donne } x = 27.55$$

aux 95 de jus, ou 100 de betteraves, on a donc ajouté 27.55 d'eau. Ce calcul est approximatif, parce que toutes les cellules végétales ne sont pas déchirées par la râpe ; mais l'erreur est faible.

691. Un autre moyen consiste à relever le volume des jus, par la prise en charge, et le comparer au volume que les betteraves peuvent fournir d'après leur poids et celui de la pulpe ; la différence st l'eau ajoutée.

Supposons l'emploi de.....	100 000 kil.	de betteraves.
Et la production de.....	22 000 —	de pulpe.
On a exprimé des racines.....	78 000 —	de jus.
Si le total des prises en charge est ...	98 514	
On a dilué à peu près de.....	20 514	soit 26.3/100 du jus extractible, ou 20.5/100 des betteraves.

Une plus grande précision n'est pas nécessaire.

692. Les sels solubles de l'eau exercent d'ailleurs une action mélassigénique prononcée ; plus ils sont déliquescents, plus ils nuisent à l'extraction du *grain* (voy. *Cuite*) et à la dessiccation, avant et après la mise en sacs (§ 704); 1000 litres de jus en recevraient 246 grammes du puits de Reims.

693. Ici se place une question inévitable dans l'étude du

Digitized by Google

râpage. Est-il bon d'ajouter de la chaux dans l'eau ou le jus faible versés sur la râpe?

Si la chaux ne tombait pas sur la pulpe, si elle pouvait se mêler au jus seul, la réponse n'entraînerait aucune objection; elle serait positive sans aucune hésitation. Verser de la chaux, en eau de chaux, en lait, ou même en sucrate produit avec le jus faible, serait une opération avantageuse à tous les points de vue.

En effet le bon entretien des râpes exige un lavage, attentivement fait, toutes les fois qu'un arrêt d'une durée un peu longue, plus de deux heures, ne peut être évité. La pulpe accrochée aux dents de la râpe, ou collée aux parois du tambour, éprouve l'oxydation qui rend sa couleur noire et change le sucre en acides hexépique et triéjique : en même temps l'effet d'osmose que j'ai signalé (p. 21) transforme promptement le sucre en mucilage, symptôme le plus apparent de toutes les altérations simultanées dont la râpe est alors le siége; enfin la pectose devient acide pectique (§ 590), autre corps mucilagineux. Un lavage bien fait en employant la brosse pourrait suffire, à la rigueur, et empêcher ces fâcheux accidents; mais ce lavage est un travail délicat, fatigant, et toujours il laisse la râpe humide; les fers se rouillent, le jus dont les lames de bois sont imprégnées n'est jamais complétement lavé : il ressort, et le peu de sucre mis à jour éprouve tous les effets dont nous venons de parler, sur une échelle plus ou moins grande.

La chaux les prévient tous et elle est d'un usage très-facile. Répandue sur le fer, elle le garantit contre la rouille; mêlée au jus, elle arrête immédiatement toute altération (§ 61) et rend le travail ultérieur plus facile; elle ne produit de ce côté que les meilleurs résultats.

Mais elle atteint aussi la pulpe, et, de cet autre côté, nous expose à une objection sérieuse. La pulpe doit être mangée par les bestiaux, et la chaux, libre ou même unie au sucre, est un poison. Telle est l'objection dans toute sa force.

Oui la chaux est un poison : seulement, comme tous les poisons, elle cesse d'être à craindre lorsque sa proportion est faible, et lorsqu'on connaît un contre-poison promptement efficace.

Digitized by Google

La proportion employée sur les râpes et mêlée aux pulpes reste toujours très-faible ; si l'on emploie de l'eau de chaux qui renferme 1,285 de cet alcali, CaO, maximum par litre à raison de 25/100 des betteraves, il ne peut pas rester dans la pulpe plus de 22/125 des $32^{gr},1$ contenus dans les 25 litres d'eau de chaux, soit $5^{gr},65$. Cette quantité ne reste même pas, car elle est en grande partie prise par le jus. On a employé des quantités moins fortes. Le jus faible des presses de seconde pression (738) ne renferme pas plus de 425 ou 430 grammes de sucre par hectolitre et ne peut dissoudre plus de 696 grammes de chaux par ce sucre (§ 62) au lieu des $128^{gr},4$, dont il se chargerait à peu près comme l'eau pure. La pulpe reçoit en pareil cas $3^{gr},06$. (Ce que le jus ne dissout pas par le sucre, il le dissout comme l'eau pure et ce second cas doit être peu différent du premier, peut-être même y a-t-il excès dans le second.) Mais on a été plus loin et l'on a versé sur les râpes du lait de chaux de D = 1007 et contenant par suite 1020 grammes CaO à l'hectolitre, ce qui pourrait donner à la pulpe $44^{gr},90$. Il s'agit de savoir ce qu'un tel *maximum* peut produire.

$$\frac{44.9}{22000.0} = \frac{1}{490} = 0.002041 \quad \text{soit 2 millièmes.}$$

Disons d'abord sa proportion exacte. Ce serait $44^{gr},9$ de chaux CaO dans 22 000 grammes de pulpe.

Assurément cette proportion, toute faible qu'elle est, ne peut être admise dans un aliment pour les bestiaux. Ce qui la rend dangereuse à un haut degré, ce n'est pas son chiffre en lui-même, c'est l'irrégularité de sa distribution ; le chiffre est une simple apparence. Dans le lait de chaux le mieux préparé, toute la chaux n'est pas dissoute ; elle existe en grains plus ou moins fins, elle s'accumule dans certaines parties de la pulpe, et les bestiaux nourris avec cette pulpe sont exposés à manger de la chaux pure.

A ce point de vue, la chaux doit être employée bien dissoute ; soit en eau de chaux, soit en sucrate formé avec le jus faible des deuxièmes pressions, soit mieux encore avec un sucrate plus riche.

Digitized by Google

J'ai conseillé cet emploi dès 1855 (1); il faut le préparer avec du sucre, jamais avec de la mélasse.

Il faut, dans tous les cas, ne jamais chauffer la pulpe avec l'alcali; d'une part le sucre inverti, pour peu qu'elle en renferme, donne des produits colorés (§ 149) amers et fortement purgatifs; de l'autre les *éléments pectiques* sont modifiés et donnent des composés dépourvus de toute qualité nutritive.

Voilà pour la proportion de la chaux; voici maintenant les moyens de la combattre :

L'acide carbonique est le meilleur. La pulpe exposée à l'air ne tarde pas à absorber assez de ce gaz pour neutraliser toute la chaux. Il n'y a pourtant pas plus de 4 litres de ce gaz dans 10 000 litres d'air atmosphérique. 100 kilogrammes de la pulpe examinée tout à l'heure peuvent contenir 204 grammes de chaux et, pour la neutralisation, il faut $204 \times 22/23 = 160^{gr},28$ d'acide. Les 4 litres de gaz pèsent à très-peu près 8 grammes, il faudrait donc 20 fois le volume d'air qui les renferme, ou 200000 litres d'air, pour transformer les 204 grammes de chaux en 364 grammes de carbonate parfaitement neutre. Si la pulpe pouvait être exposée facilement à l'air dans un état de division assez grand, cette neutralisation serait très-prompte; mais la pulpe en tas ne rend pas l'absorption du gaz carbonique facile.

Recourir à l'acide carbonique des fours serait un moyen plus actif; mais encore faudrait-il étaler la pulpe et consacrer à ce travail espace, temps et main-d'œuvre : et la question se réduit alors à mesurer l'avantage produit par cette dépense. Évidemment la dépense est trop forte. La chaux est utile à la râpe, mais elle ne doit entraîner aucune dépense ultérieure; la pulpe doit recevoir strictement la quantité dont l'air seul peut détruire les propriétés alcalines.

Cet effet nécessaire à l'égard des bestiaux l'est encore au point de vue du pressage. Il ne peut être admis d'exposer les ouvriers au maniement de la pulpe chaulée; elle est trop dangereuse pour la

(1) *Journal des fabricants de sucre.*

Digitized by Google

peau, pour les yeux, etc. Il y a en outre un inconvénient coûteux dans l'action de cette pulpe sur les sacs ou les toiles des presses continues. Pour ne pas être sous le poids de ces différentes charges il ne faut pas dépasser 1/2000e de chaux CaO dans les liquides de la râpe.

La méthode hydrotimétrique décrite § 464, donne le moyen rapide de faire cette évaluation; après neutralisation par un volume d'acide connu, dont l'action hydrotimétrique a été mesurée, la chaux est facilement déduite du résultat.

694. Au lieu de la chaux on a proposé d'autres antiseptiques destinés à servir pendant le râpage.

695. L'un des plus anciens est le *bisulfite de chaux*. Ce sel est acide : il en est peu d'aussi altérable par l'air et en absorbant l'oxygène il devient bisulfate. $(SO^2)^2CaO(HO) + 2O = (SO^3)^2CaO(HO)$. Si la stabilité des deux sels était réelle leur action serait relativement assez faible; mais après l'absorption d'oxygène, on a un mélange réel de sulfate neutre et d'acide sulfurique. Ce dernier est un des plus puissants ennemis du sucre normal (§ 45) : c'est un invertisseur des plus actifs. On a commis la plus grave erreur en proposant le bisulfite de chaux pour le travail du sucre à la râpe ou ailleurs. J'aurai l'occasion d'y revenir.

696. Des acides libres ont été conseillés. Je me borne à citer cette indication pour mémoire. Tous les faits protestent contre un tel emploi, surtout à la râpe. Les acides spéciaux, tannique, phénique, etc., n'ont pas eu de succès réel. On a essayé l'ammoniaque; théoriquement ce serait un agent utile; pratiquement, il n'a pas autre chose que des défauts.

697. Les raisons données pour ces propositions ont été :

1° L'obstacle apporté aux fermentations, par le bisulfite au moins. S'il était stable, passe encore; mais une fois devenu acide sulfurique, c'est le contraire qui a lieu.

2° Coagulation des matières pectiques et albumineuses. Pour les

Digitized by Google

premières on aide la formation des gelées; pour les secondes, on ne produit rien en général; tout au plus obtient-on une contraction partielle des fragments cellulaires, à peu près comme on le voit sur une éponge baignée d'eau acide. Mais cette contraction, fort douteuse, coûte mille fois ce qu'elle vaut en pareil cas.

698. La forme des dents de râpe n'est pas indifférente; la pulpe est formée par les tissus de la betterave présentés aux dents de toutes les manières possibles; mais les dents, suivant leur structure vraie, produisent des lambeaux *longs* ou *courts*, de la pulpe *grosse* ou *fine*. Une dent d'acier nouvelle est un prisme triangulaire à faces polies et fonctionne surtout comme un couteau : elle produit beaucoup de fragments de même longueur que les côtés du prisme. Une dent fatiguée par le râpage, une dent de fer surtout, est une sorte de peigne à petites dents inégales très-nombreuses dont les morsures déchirent le tissu de la betterave en parcelles courtes, où les parois des cellules sont elles-mêmes plus atteintes. Le jus exprimé de ces deux sortes de pulpes n'est pas absolument identique. Le problème à résoudre consiste à ouvrir les cellules en déchirant le moins possible les parois cellulaires; il faut obtenir le liquide sucré mêlé du minimum de liquide pectique. Les dents d'acier nouvelles procurent la meilleure solution du problème; on n'a pas le maximum de jus, mais le maximum relatif de sucre. Les dents anciennes, celles de fer surtout, donnent un peu plus de jus, mais d'une richesse un peu moindre et d'un coefficient de pureté plus petit.

Quelques personnes ont cru rendre les râpes plus *utiles* en leur faisant produire ce maximum de jus. Elles sont plus *actives*, ce qui n'est pas tout à fait la même chose. On augmente leur activité par des moyens simples : on présente à la râpe, pendant son mouvement, une brique dure, évidemment pour donner aux dents ces aspérités nombreuses dont je viens de dire les effets. On préfère ces dents *émoussées* aux dents neuves, à ce point de ne pas même laisser mettre en marche une râpe neuve sans l'avoir *aiguisée* par la brique. Le travail donne alors le maximum de *pulpe folle*, dont on

Digitized by Google

a beaucoup de peine à débarrasser le jus. C'est un inconvénient très-gênant dans le travail : elle passe presque tout entière dans les jus sans pouvoir être retenue par les sacs ou par un mode quelconque de filtration ; elle nuit beaucoup à la purification de ces jus ; il est donc très-important de diminuer le plus possible sa production qui est au moins de 1/5 et souvent davantage.

D'après cette remarque, on comprend que les dents des râpes doivent être formées de manière à produire le moindre arrachement ; couper la betterave en tranches très-minces, sans aucun effet de ce genre est évidemment l'idéal de cette partie de la fabrication. Or, cet idéal me semble impossible à obtenir par des dents de toute forme. Le premier jour ces dents, très-tranchantes, ne peuvent éviter pourtant de produire les effets d'arrachement et la pulpe folle en abondance. Au bout de quelques heures leur usure a changé complétement les résultats de leur travail. Elles sont devenues plus courtes, moins tranchantes ; elles arrachent davantage et la pulpe folle augmente. — Quelle que soit la forme des dents, ces effets généraux ne peuvent être évités.

Pourrait-on les diminuer notablement ? Théoriquement, peut-être oui ; remplacer les dents par des bords simplement tranchants et donner aux lames une disposition spirale est un moyen de résoudre la question ; mais pratiquement les effets seraient sans doute peu modifiés, la betterave est toujours accompagnée de corps durs ; les tranchants des lames promptement émoussés ne tarderaient pas à produire des effets tout semblables à ceux des dents sans fournir autant de pulpe. Il serait bon pourtant d'essayer en augmentant un peu la vitesse.

La qualité des pulpes mérite une étude attentive.

L'observation microscopique a été trop négligée. Lorsqu'on délaie 1 gramme de pulpe dans 100 centimètres cubes d'eau distillée, on peut facilement observer la structure des débris avec un grossissement de 200 diamètres et observer les différences. Le temps ne m'a pas encore permis de comparer ces différences avec l'état du jus, et d'en tirer une règle pratique, mais je crois devoir recommander cette étude, si je ne puis la faire moi-même.

Digitized by Google

Plus la pulpe est fine, plus le rendement en jus est augmenté. On peut avoir 1/20 en sus; il faut dire malheureusement que l'augmentation de volume ne correspond pas à une augmentation de qualité : c'est souvent une diminution dont on a le préjudice, comme nous l'avons vu dans la râpe Champonnois. Mais ce sujet attend des études plus précises.

La plus grande finesse ne dépend pas autant de la vitesse que du nombre des dents qui atteignent un poids donné de betteraves. En d'autres termes un même nombre de dents ne produit pas une pulpe de plus en plus fine avec une vitesse de plus en plus grande. Certaines râpes donnent une pulpe plus fine à 800 tours que d'autres à 1000 tours et même nombre de dents. Telle est l'opinion la plus répandue, mais on n'a pu encore formuler de règle un peu précise.

699. Une dernière question. Par le mouvement extrêmement rapide des râpes, on met, sans le vouloir, la pulpe en contact avec un grand volume d'air; une partie de cet air est absorbé d'après Ventzke, et atteindrait 40/100 du volume des betteraves. Il serait intéressant de savoir la nature de cet air : est-ce de l'oxygène pur? c'est bien probable, mais on ne l'a pas établi. Dans la pensée d'une pureté complète, 100 kilogrammes de betteraves contenant à peu près 10 kilogrammes de sucre absorberaient $57^{gr},6$ d'oxygène. En admettant le partage de cet oxygène à raison de $1^{gr},6$ pour la matière colorante et $56^{gr},0$ pour le sucre; les 56 grammes suffiraient pour produire, avec $598^{gr},5$ de sucre et $31^{gr},5$ d'eau, 686 grammes d'acide hexénique $C^{12}H^{12}O^{14}$, premier degré d'oxydation du sucre, non encore isolé, ou même 371 grammes d'acide hexépique $C^{12}H^{12}O^{16}$ avec $299^{gr},25$ de sucre et $15^{gr},75$ d'eau, deuxième degré d'oxydation dont j'ai démontré l'existence (§ 54).

Tels sont les produits acides depuis longtemps soupçonnés, mais inconnus jusqu'à mes études, dont la formation commence dès le râpage. C'est une perte de 6.86/100 du sucre dans le premier cas, et cette perte augmentera dans le pressage.

700. Aussi depuis longtemps ai-je pensé, pour l'éviter, à faire le râpage dans une atmosphère sans oxygène.

Digitized by Google

L'acide carbonique et les gaz azote, hydrogène, etc., peuvent venir à l'esprit; mais tous ces gaz causeraient des accidents continuels d'asphyxie et même la mort; les gaz inflammables ajouteraient l'incendie; sans parler de la dépense.

Un seul gaz est praticable, c'est la vapeur d'eau.

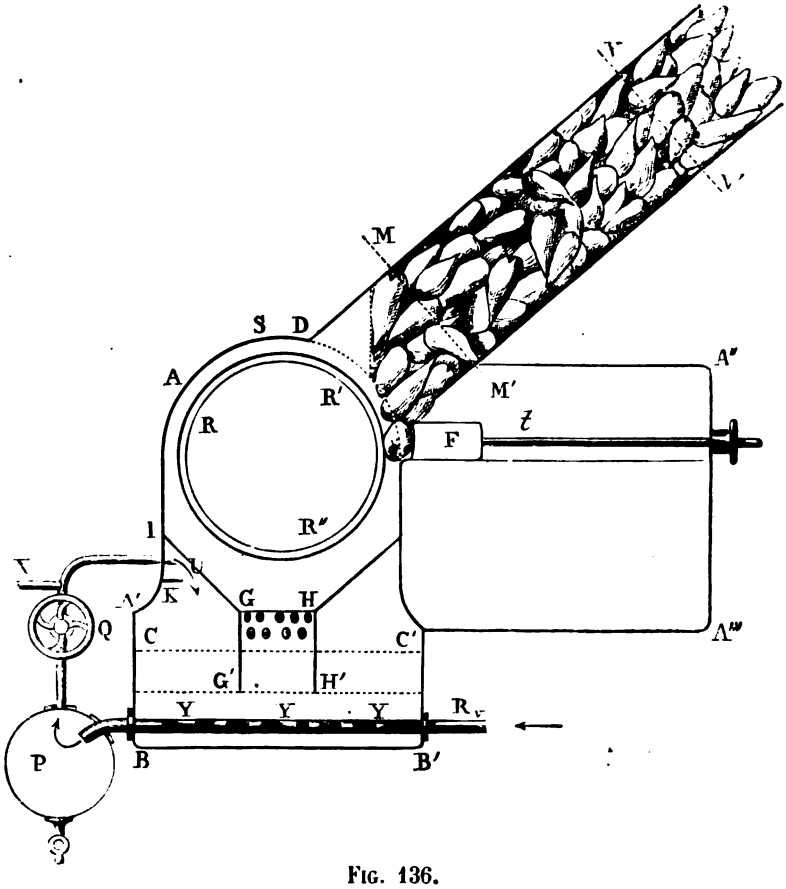


FIG. 136.

J'ai fait ressortir ses avantages dès l'année 1849 dans un mémoire cacheté déposé le 5 novembre à l'Académie des sciences (*Comptes rendus*, XXIX, 512); retenu par d'autres occupations, je n'ai pu mettre la méthode en pratique avant 1867. Voici comment je fais agir la vapeur :

Digitized by Google

Toute la râpe est enfermée dans une chambre en tôle AA'BB'A'''A'' : Les betteraves amenées par une longue trémie métallique VV'MM' tombent sous la râpe RR'R'' et y sont pressées par les sabots F et par leur propre poids, ou par ce poids seulement, comme dans la râpe Robert (§ 678). Toute la chambre est remplie de vapeur introduite en R*v* dans le serpentin YYY et le purgeur P, d'où elle arrive en U. Cette vapeur est *perdue*, c'est-à-dire à la pression de l'atmosphère : elle n'a pas d'autre issue que la trémie où elle se condense au contact des betteraves dans un intervalle compris entre une ligne inférieure MM' et une supérieure VV', suivant le rapport des vitesses de l'arrivée des betteraves et de celle de la vapeur. La pulpe est produite sans air, et, du même coup, l'eau condensée par les betteraves froides entretient la râpe dans un état parfait de propreté, tout en délayant la pulpe comme dans le travail ordinaire. Cette pulpe tombe par l'entonnoir GH dans le bac BB', d'où on l'extrait par une ouverture inférieure ou latérale, suivant les convenances de la fabrique. Il suffit de conserver de la pulpe au niveau G'H' pour ne gêner en rien le râpage. Le serpentin destiné à entretenir la pulpe chaude peut être supprimé : l'enlèvement de la pulpe ne lui laisse pas le temps de se refroidir notablement et on n'a pas à craindre de la cuire. Cette méthode donne une pulpe aussi blanche que le parenchyme de la betterave. Aucune oxydation n'est produite : il n'y a pas de sucre altéré. La pulpe est dans une condition excellente pour aller à la presse, entièrement mécanique, dont je parlerai plus loin (presse Poizot) et même pour les presses continues de tout genre.

701. En terminant il faut recommander la plus grande propreté des râpes. L'emploi du lait de chaux dont nous avons parlé n'a pas d'autre but ; mais, dans toute circonstance, les râpes doivent être comme neuves. Les lavages à grande eau, à la brosse, ne sont jamais trop multipliés après tout arrêt, même d'une petite durée. Lorsque certains angles ne peuvent être atteints sans démontage, il ne faut même pas reculer devant ce travail. La propreté est une règle indispensable à toute bonne fabrique. Les râpes ne tardent pas à faire comprendre cette nécessité.

Digitized by Google

702. La pulpe est enlevée du bac des râpes par deux moyens : avec des seaux ou par les pompes. Les seaux peuvent être mus à bras d'homme ou mécaniquement.

703. Des premiers il n'est rien à dire.

704. Mais le fonctionnement mécanique exige une description.

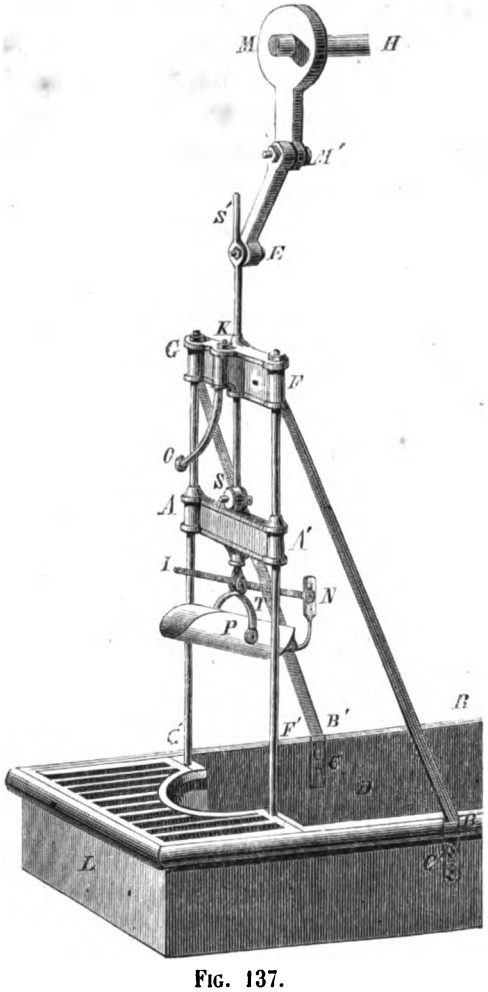


Fig. 137.

La fig. 137 représente un seau mis en œuvre par la machine et

Digitized by Google

nommé *pelleteur*. Une poche en fonte P est suspendue à une traverse AA′ par un étrier T′ au bas duquel deux tourillons lui permettent de tourner sur leur axe horizontal. Une tige verticale SS′, animée d'un mouvement de va-et-vient par une transmission représentée MM′E, fait descendre la poche avec la traverse AA′, suivant les guides FF′, GG′ fixés à la partie inférieure dans la cuvette CC′, où est amenée la pulpe, et à la partie supérieure aux extrémités d'une deuxième traverse FG. La poche peut descendre jusque dans la masse de pulpe et s'emplir d'une dose exactement mesurée pour la mise en sacs : c'est ce qui reste quand la poche remonte et est débarrassée de toutes les parties adhérentes. Arrivée, dans son ascension, à la hauteur convenable, la poche, maintenue jusque-là dans une position horizontale, fait brusquement la culbute, par le choc d'une tige NI, fixée à l'un des bouts de la poche, contre le taquet O fixé en K sur la traverse supérieure et verse son contenu dans le sac présenté sur le gril par l'ouvrier. Elle redescend ensuite, reprend sa position inclinée en arrière, par l'effet du poids de la tige courbe NP, plonge dans la pulpe, etc.

Le pelleteur enlève à chaque coup environ $4^{lit},5$ à 5 litres de pulpe, soit à peu près 5 kilogrammes, ce qui est une proportion convenable pour des sacs de 30 décimètres carrés (727).

705. *Pompes à pulpe.* — Pour le service des presses continues, il est avantageux d'amener la pulpe au moyen d'une pompe. Voici les dispositions qui me paraissent les plus favorables : elles sont représentées au 1/20e dans la figure 138.

Deux corps de pompe C, C, fixés sur la même base A, contiennent des pistons pleins G, dont l'élèvement aspire la pulpe du tuyau B, communiquant avec l'auge à pulpe de la presse, et dont l'abaissement foule cette pulpe dans le réservoir E, d'où elle sort par le tuyau F. Les soupapes de ces pompes sont des boulets N, revêtus de caoutchouc épais de 10 millimètres; parfaitement libres dans le corps de pompe, ces boulets reposent sur des anneaux de bronze, de même courbure, et forment un excellent joint, tant que la pulpe est convenablement tamisée. Le mouvement alternatif des deux pis-

Digitized by Google

tons est donné par la poulie M (dont la voisine est folle); une transmission du moteur général conduit cette poulie dont l'arbre porte

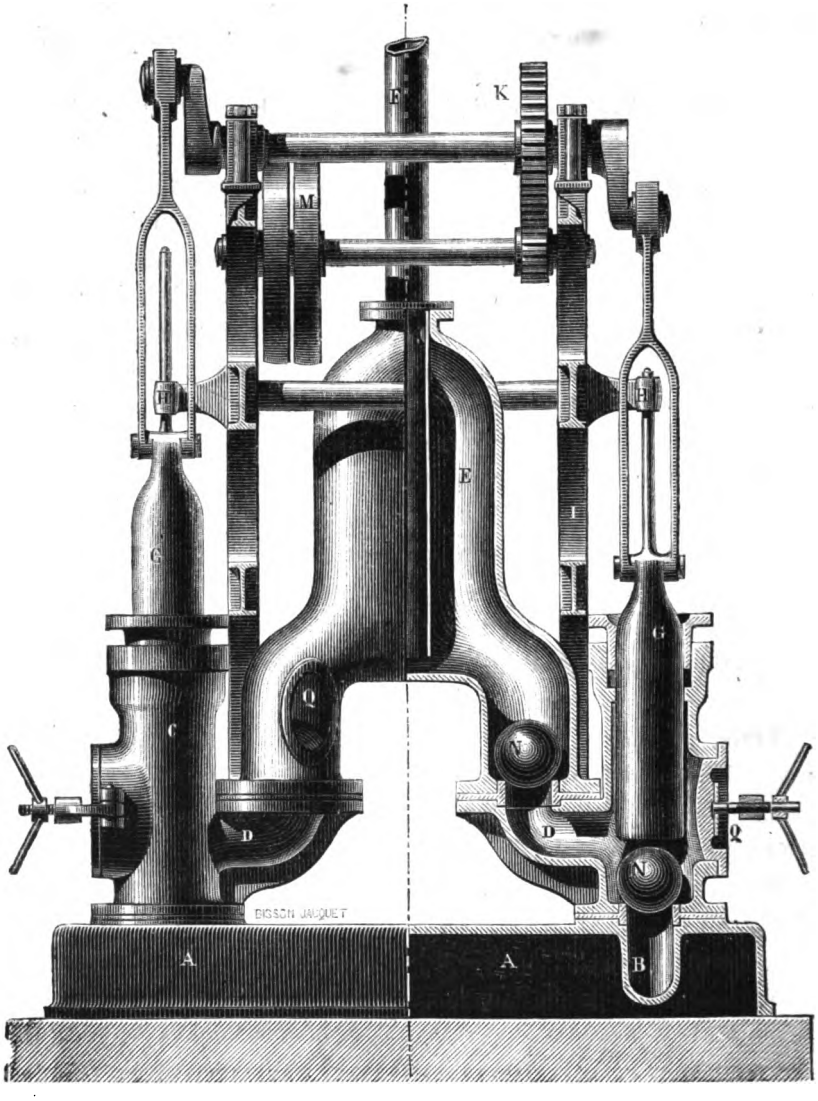


Fig. 138.

un pignon L calé au droit de la roue dentée K. L'arbre de cette

Digitized by Google

roue porte, à ses extrémités, les deux manivelles contrajuguées des deux pistons, dont les tiges sont guidées par les anneaux H, solidement reliés aux bâtis de la machine, I. A côté de chaque boulet se trouve un bouchon de regard Q, facile à ouvrir d'un coup de levier pour visiter et réparer la soupape : non moins facile à remettre en place après la visite et ne pouvant amener une longue interruption de travail.—La pulpe entraîne une quantité d'air notable (§ 699) ; cet

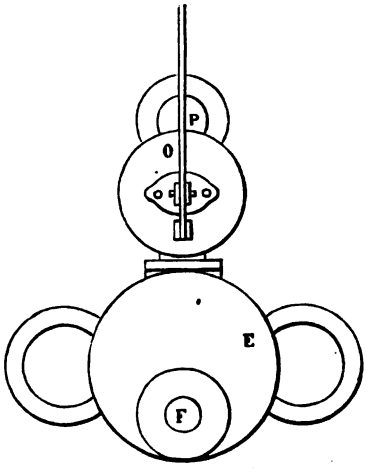


FIG. 139.

air s'accumule en haut du réservoir E, qui porte, suivant l'axe perpendiculaire au plan des pompes, un tuyau coudé surmonté d'une soupape, O, dont le levier peut être chargé à volonté (2 à 3 atmosphères en général). Non-seulement l'air s'échappe par cette soupape, quand la pression devient trop forte ; mais la pulpe elle-même, quand le tuyau F ne lui suffit pas, se déverse par la même ouverture et tombe dans un tuyau P, qui la ramène au tube d'alimentation B.

Les pompes sont construites en deux grandeurs : la plus petite fournit à peu près 10 à 12 mètres cubes de pulpe par heure. La plus grande peut donner 20 à 24 mètres cubes. La figure 138 représente la plus petite dimension. — A cause des arrêts on évalue le produit minimum à 150,000 kilogrammes de pulpe pour la petite pompe, et à 300,000 pour la grande, en vingt-quatre heures.

Digitized by Google

CHAPITRE IX

PRESSURAGE

706. La pression des pulpes fournies par la râpe est produite aujourd'hui de deux manières distinctes : 1° par les presses hydrauliques (après l'action de la presse préparatoire) ; 2° par les presses dites *continues*, leur action ayant lieu sans intermittence.

Avant de porter les sacs à la presse hydraulique, on les soumet d'abord à une pression moins forte dans une *presse préparatoire*.

La pulpe des râpes, encore tout imbibée de jus, la *pressine*, peut abandonner une partie de ce jus, d'elle-même, pour peu qu'elle se trouve sur un plan incliné : mais elle n'en donne ainsi pas plus de 10 à 15/100. Il est nécessaire de la loger dans des sacs et de la soumettre à une pression, plus ou moins forte, pour obtenir les 80 ou 82/100 de jus dont les débris cellulaires peuvent être séparés. Les sacs reçoivent cette pression dans la presse préparatoire.

La figure 140 montre la perspective de cette presse établie par la maison Cail. (Le chef des études, Boursier, a pris une grande part à cette construction.)

Une pile de sacs construite sur le plateau A, muni à ses deux extrémités de deux poignées en fer, et soutenu à 5 centimètres au-dessus de la *table*, par des linteaux de fer ou de fonte, laisse d'abord écouler pendant le temps de sa formation et sous l'effort de son propre poids, une partie du jus (10 à 12/100). Aussitôt achevée, cette pile est poussée, parallèlement, jusqu'à la position B, la *semelle* de la presse. A ce moment l'ouvrier, après avoir décroché d'avance le crochet B de dessus le taquet M', tire la poignée M et fait marcher vers la gauche une tige horizontale XY, sur laquelle sont fixés deux

Digitized by Google

guides C,C′. — Le premier C est ainsi conduit de la poulie folle D′ sur une poulie I′ fixée à l'arbre d'une vis sans fin V′. Cette vis fait tourner une roue dentée S, servant de tête à la vis de pression V, de manière à laisser descendre le plateau mobile et à serrer lentement les sacs entassés. Le jus coule, et peu à peu le plateau descend assez

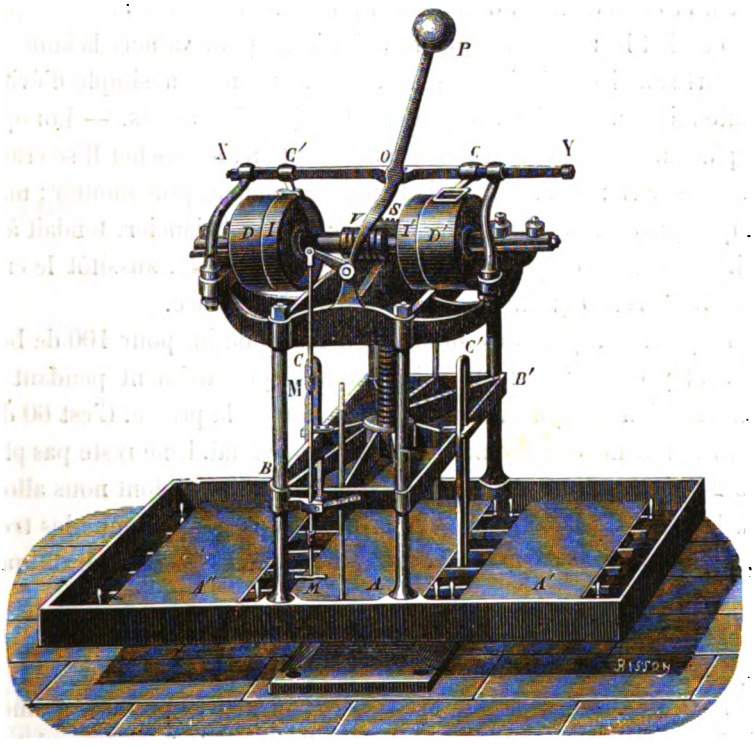


Fig. 140.

bas pour heurter le taquet M, le tirer et avec lui tout le système, le balancier, la tige XY, etc. Le deuxième guide C′ est ramené à droite ; de sa poulie folle D′ il passe sur la poulie fixe I′ et en même temps C glisse de sa poulie fixe D′ sur sa poulie folle I′. La vis sans fin tourne en sens contraire de son premier mouvement, et fait par conséquent remonter le plateau. Celui-ci remonterait même indéfiniment si le taquet M′ fixé à la hauteur convenable ne remontait pas avec lui

Digitized by Google

pour l'arrêter en une ou deux secondes. Il ramène la tige XY vers la gauche : les deux guides C et C′ arrivent doucement sur les moitiés intérieures de leurs poulies folles, ce qui arrête tout mouvement.

La pression et la dépression demandent donc uniquement un premier coup de main de l'ouvrier; tout le reste est automatique. Le crochet B, manœuvré par la poignée M, pour vaincre la lame de ressort sous laquelle il est placé, donne un moyen simple d'éviter toute mise en marche accidentelle pendant les arrêts. — Lorsque le plateau est monté à la plus grande hauteur, le crochet B se cramponne sur M′ ; cela suffit. Déjà le plateau ne peut plus monter ; mais si quelque cause accidentelle, un choc sur le balancier, tendait à le faire descendre en portant la tige XY vers la droite, aussitôt le crochet tirerait M′ et remettrait les choses à leur place.

La presse préparatoire donne environ 60 de jus pour 100 de betterave; y compris les 10 à 12 écoulés spontanément pendant la construction des piles, avant toute action de la presse. C'est 60 des 80/100 fournis en moyenne par le pressage total. Il ne reste pas plus de 20/100 à extraire dans les presses hydrauliques dont nous allons parler. En d'autres termes, la presse préparatoire donne les trois quarts du jus : le dernier quart est obtenu par la presse hydraulique.

707. Les sacs vont de la presse préparatoire aux presses hydrauliques de deux manières :

1° Ordinairement la pile pressée, saisie dès le premier moment de la remontée du plateau mobile, est tirée sur le deuxième plateau fixe A′ où elle est démontée, sac par sac, pour être construite à nouveau sur la presse hydraulique. Pendant ce temps, une deuxième pile préparée en A est poussée sur la semelle B pour subir la pression, et ainsi de suite.

2° Mais, dans plusieurs fabriques, on ramène la pile pressée en A pour la démonter, et c'est en A′ qu'est montée la seconde pile : c'est en A′ qu'elle est de même ramenée et démontée. La seule raison de cette marche est une convenance locale : l'obligation d'établir la presse préparatoire parallèlement à l'axe de la râpe, si l'auge est en

Digitized by Google

avant. — L'*ensacheur* n'a pas plus de peine à charger sur la droite ou sur la gauche. Les claies sont maniées des deux côtés. — Je ne crois pas utile d'insister davantage.

Dans tous les cas, le temps de la pression préparatoire est assez court : il ne dépasse pas le quart du temps nécessaire à une seule pression hydraulique. — Une presse préparatoire suffit par conséquent à l'alimentation de quatre presses hydrauliques.

Le temps d'une montée est en général de 38″, celui d'une descente ou d'une pression, 84″. On presse 15 à 16 sacs sur la presse préparatoire; 45 à 50 sur chaque presse hydraulique.

708. *Presses hydrauliques.* — Leur emploi a lieu suivant des méthodes un peu différentes; mais toutes donnent la pression par un organe essentiel composé de deux vases communiquants E, E′ (fig. 141) remplis d'eau, par l'intermédiaire de laquelle la pression,

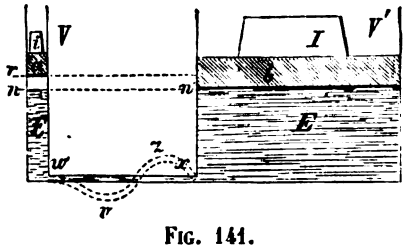


Fig. 141.

produite dans le petit vase, au moyen d'un piston *a*, est transmise dans le grand vase sous un autre piston *b*, dont la grandeur est dans un rapport déterminé avec celle du premier. Ce rapport de grandeur est la mesure exacte de la puissance dans la presse, comme l'a démontré Pascal en 1684.

Si le petit piston *a* reçoit une pression de 8 kilogrammes par centimètre carré, la pression sous le piston *b* est aussi de 8 kilogrammes par centimètre carré; par conséquent, si la surface horizontale du petit piston est de 10 centimètres carrés, les 80 kilogrammes appliqués sur cette surface ne pourront être équilibrés dans le grand vase, si la surface horizontale du grand piston P′ est

Digitized by Google

100 fois plus grande, que par un poids de $80 \times 100 = 8000$ kilogrammes.

En d'autres termes, si le piston a, manœuvré dans le vase E, peut envoyer continuellement de l'eau dans le vase E', le piston b montera continuellement, tant que le poids dont on le chargera n'atteindra pas 8000 kilogrammes, déduction faite du poids de la colonne d'eau comprise au-dessus ou au-dessous du niveau horizontal $n\,n'$, dans l'un ou l'autre vase (poids négligeable d'ailleurs, à une forte pression).

On réalise facilement cette condition générale en disposant le vase A pour servir de corps de pompe aspirante et foulante ; et l'on conçoit que si le grand piston P', au lieu de monter sans obstacle, se trouve placé dans un cadre très-résistant où l'on puisse mettre, entre le dessus du piston et la traverse horizontale supérieure du cadre, une masse de pulpe, le piston montera jusqu'à ce que cette pulpe comprimée, devenue de plus en plus résistante par la perte du jus, arrive à représenter par sa résistance un effort de 8000 kilogrammes.

La pression produite par ce mécanisme, aussi puissant que simple, peut aller bien au delà du chiffre de 8000 kilogrammes. La figure 142 représente, sous la forme la plus réduite, une presse employée aujourd'hui dans les fabriques et où la pression hydraulique peut atteindre le chiffre énorme de 300000 kilogrammes.

709. Voici les détails de sa construction :

A est le petit piston d'une pompe aspirante et foulante à parois très-solides. Cette pompe est établie sur un bac BB' contenant de l'eau (il suffit de 25 à 100 litres pour une presse). Les mouvements du piston sont commandés par une bielle et un excentrique fixé sur l'axe d'une poulie mise en rotation par une machine à vapeur, le tout non représenté.

L'élévation du piston aspire l'eau du bac par le tube à pomme d'arrosoir $t\,t'$ en soulevant la soupape s : la descente produit une pression très-rapidement efficace, à cause de l'incompressibilité de l'eau ; la soupape s est immédiatement refermée ; la soupape s' se

Digitized by Google

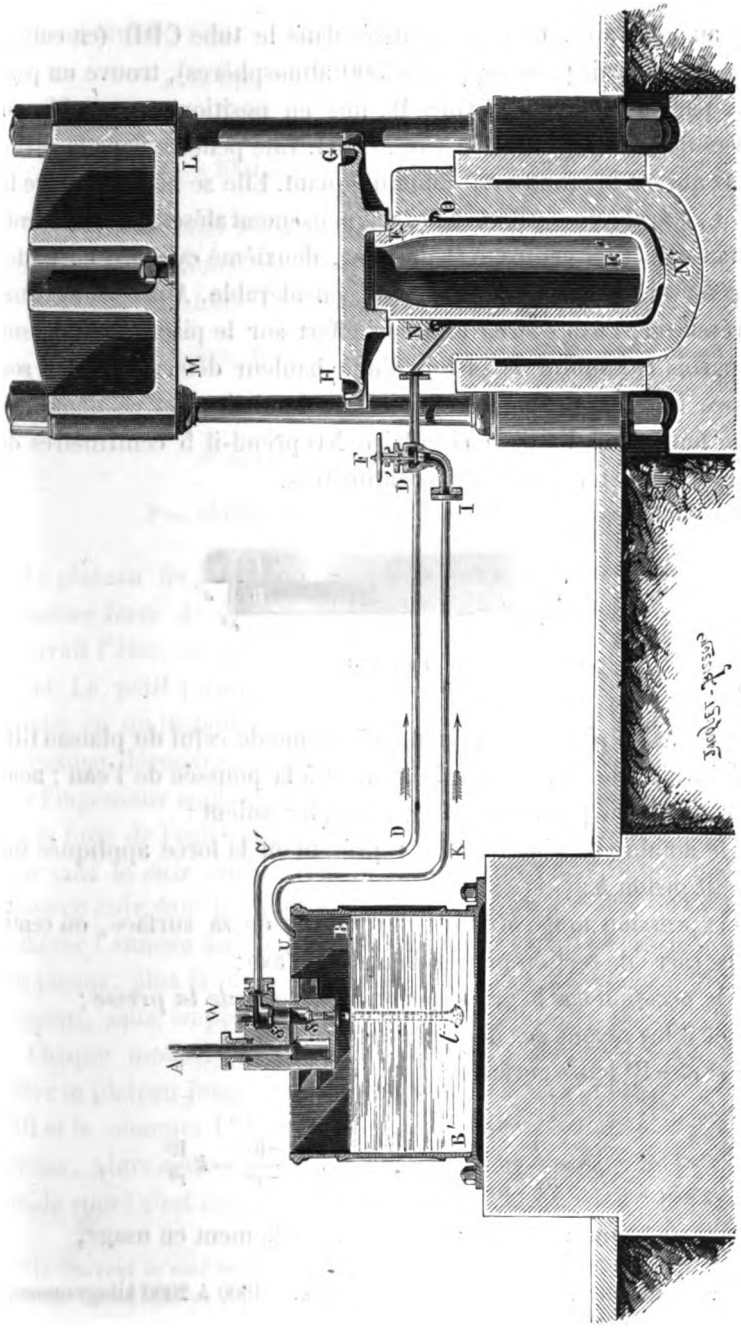


FIG. 142.

Digitized by Google

lève au contraire, et l'eau, poussée dans le tube CDD′ (en cuivre rouge assez épais pour supporter 500 atmosphères), trouve un passage par le robinet à 3 voies D′, mis en position convenable au moyen de la roue F ajustée sur sa clef. Elle pénètre dans la cavité NN′O qui est le grand vase communiquant. Elle se heurte contre le piston, ou cylindre en fonte EE′, soigneusement alésé, glissant à frottement dans l'ouverture NO du vase, deuxième cylindre en fonte, ou réservoir creux, d'une épaisseur considérable. Ainsi foulée dans ce réservoir, l'eau exerce tout son effort sur le piston, comme sur les parois et soulève le piston d'une hauteur déterminée par son propre volume. Ce volume est-il d'un demi-litre, et ce demi-litre d'eau foulé dans l'espace circulaire NO prend-il 5 centimètres de hauteur, le piston s'élève de 5 centimètres.

FIG. 143

Le poids du piston EE′, augmenté même de celui du plateau GH, est loin d'opposer un obstacle sérieux à la poussée de l'eau : nous pouvons le voir par un calcul très-simple; soient :

k le nombre de kilogrammes représentant la force appliquée sur le petit piston A;

p la pression ainsi produite sur l'unité de sa surface, ou centimètre carré de section perpendiculaire à l'axe;

P la pression sur le grand piston ou la *force de la presse;*

r et R les rayons des deux pistons;

πr^2 et πR^2 leurs surfaces;

on a :

$$p = \frac{k}{\pi r^2} \qquad P = p \times \pi R^2 = k \times \frac{\pi R^2}{\pi r^2} = k \frac{R^2}{r^2}.$$

Dans un grand nombre de presses actuellement en usage,

r = 24 millimètres. R = 160 millimètres. k = 1900 à 2000 kilogrammes.

Digitized by Google

Il en résulte :

$$r^2 = 576 \qquad R^2 = 25600 \qquad \frac{R^2}{r^2} = 44.44$$

$$P = 1900 \times 44.44 = 84436 \text{ kilogrammes.}$$
$$= 2000 \times 44.44 = 88880 \quad —$$

Ces nombres sont les plus faibles : ils se rapportent à des dimensions *minima* . Nous allons voir que les presses reçoivent l'action de deux petits pistons. Les dimensions *maxima* peuvent être :

r = 12 millimètres R = 220 millimètres k = 10000 kilogrammes ;

ce qui donne :

$$r^2 = 144 \quad R^2 = 48400 \quad \frac{R^2}{r^2} = 336.11$$

$$P = 10000 \times 336.11 = 3361100 \text{ kilogrammes.}$$

Le plateau de la presse est ainsi poussé, de bas en haut, avec l'énorme force de plus de 3 millions de kilogrammes ; ou plutôt il pourrait l'être, car jamais dans la pratique on ne va réellement à ce point. Le petit piston serait tordu ou brisé, les sacs mis hors de service en un instant, etc. J'ai surtout voulu donner la mesure de la puissance découverte par Pascal en 1684, et mise dans la pratique par l'ingénieur anglais Bramah, en 1796. Il serait impossible d'éviter la fuite de l'eau entre le piston EE′ et l'ouverture NO du réservoir sans le *cuir embouti* de Bramah, représenté figure 143. On place ce cuir dans la rainure circulaire ON, la pression de l'eau fait adhérer l'anneau *aa′* du côté du réservoir et l'anneau *bb′* du côté du piston ; plus la pression est forte, plus ces adhérences se développent, sans empêcher le glissement (1).

Chaque mouvement complet d'allée et venue du petit piston élève le plateau jusqu'à ce que la pulpe, entassée entre le plateau GH et le sommier LM, résiste avec une force égale à celle de la presse. Alors cette pulpe n'est presque plus imbibée de jus ; le liquide sucré s'est écoulé peu à peu sur le plateau dans la rigole GH,

(1) Souvent le cuir est simplement rabattu en *a* et *a′* ; sur *cc′* on enroule un anneau métallique ou une corde.

Digitized by Google

d'où une échancrure, ouverte au-devant de la presse, le fait tomber dans une rigole pour le conduire au bac de chaulage.

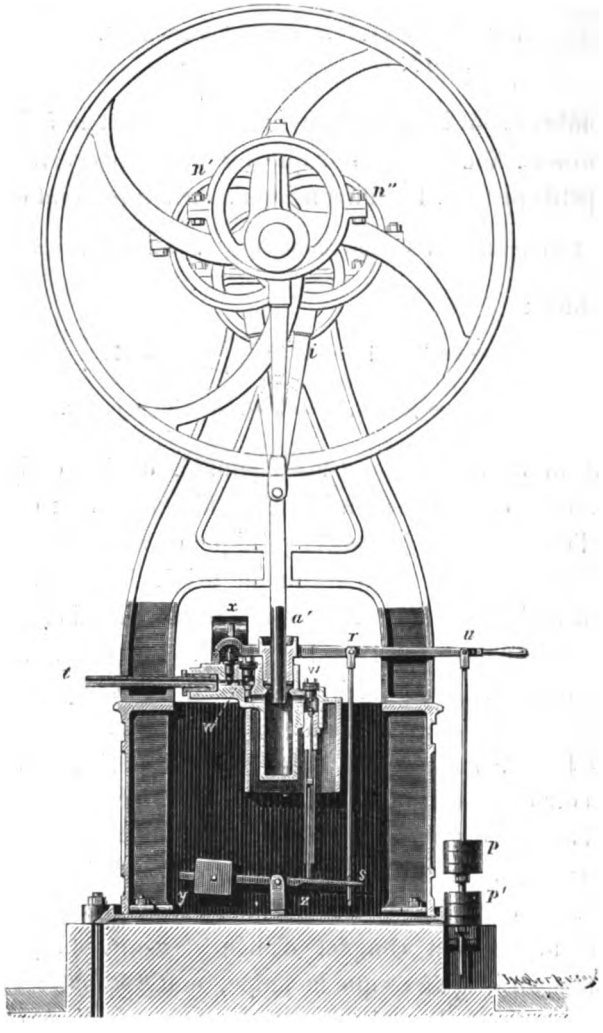


FIG. 144.

Aussitôt l'égouttage complet, il faut desserrer en permettant au piston EE' de descendre. Il suffit de tourner le robinet D' de manière à fermer l'arrivée de l'eau et à ouvrir la communication avec

Digitized by Google

le tuyau de retour ou de décharge IKU. Sur le champ, le poids du piston, du plateau et de la masse des sacs fait sortir l'eau de NN'O par ce tube qui la rend à la bâche.

La pression terminée, on renvoie l'eau à la bâche; le robinet D' de la figure, placé sous la main de l'ouvrier presseur, lui permet d'ouvrir le passage par le tube IK, dont la longueur est plus ou moins grande, et qui est logé dans un caniveau à fleur du sol.

710. Tel est le fonctionnement essentiel d'une presse hydraulique.

Dans les fabriques de sucre, ce fonctionnement est un peu plus compliqué. On divise le travail hydraulique en deux parties : la première, où l'eau arrive de la pompe en abondance et avec une force moyenne; la seconde, où la quantité d'eau diminue, mais où la pression atteint son maximum. L'état de la pulpe exige cette division du travail; même après l'effort de la presse préparatoire, la pulpe est encore assez molle pour abandonner rapidement son jus à une pression médiocre, et c'est seulement quand elle en a perdu la plus grande partie qu'il est nécessaire de la comprimer lentement avec une grande force.

On a réglé le fonctionnement dans ce but; pour cela chaque presse reçoit l'eau de deux pompes dont les pistons sont inégaux. L'un des diamètres est double de l'autre. Les deux corps de pompe, fondus en un seul, sont distincts pour tout le reste : chacun d'eux a ses deux soupapes, etc. La figure 144 représente un assemblage de quatre pompes doubles, disposées en *buffet* : a, a' sont les deux pistons du premier couple; articulés à une bielle i ou i', terminée par un collier n ou n', entourant un excentrique calé sur l'arbre AA', ils prennent l'eau dans une grande bâche VV' et la foulent par le tube t seul pour eux deux; cette eau vient à la presse en avant de la figure : d'abord sous l'impulsion des deux pistons à la fois, puis sous l'impulsion unique du plus petit a pour terminer par la plus forte pression. Ces effets sont réglés automatiquement comme on va le voir.

Le piston a', conduit par son excentrique $n' n''$, aspire l'eau de

Digitized by Google

la bâche VV′ et la foule par le tube *t*, sans interruption, jusqu'au moment où la pression, réglée par l'action des poids PP′ sur la

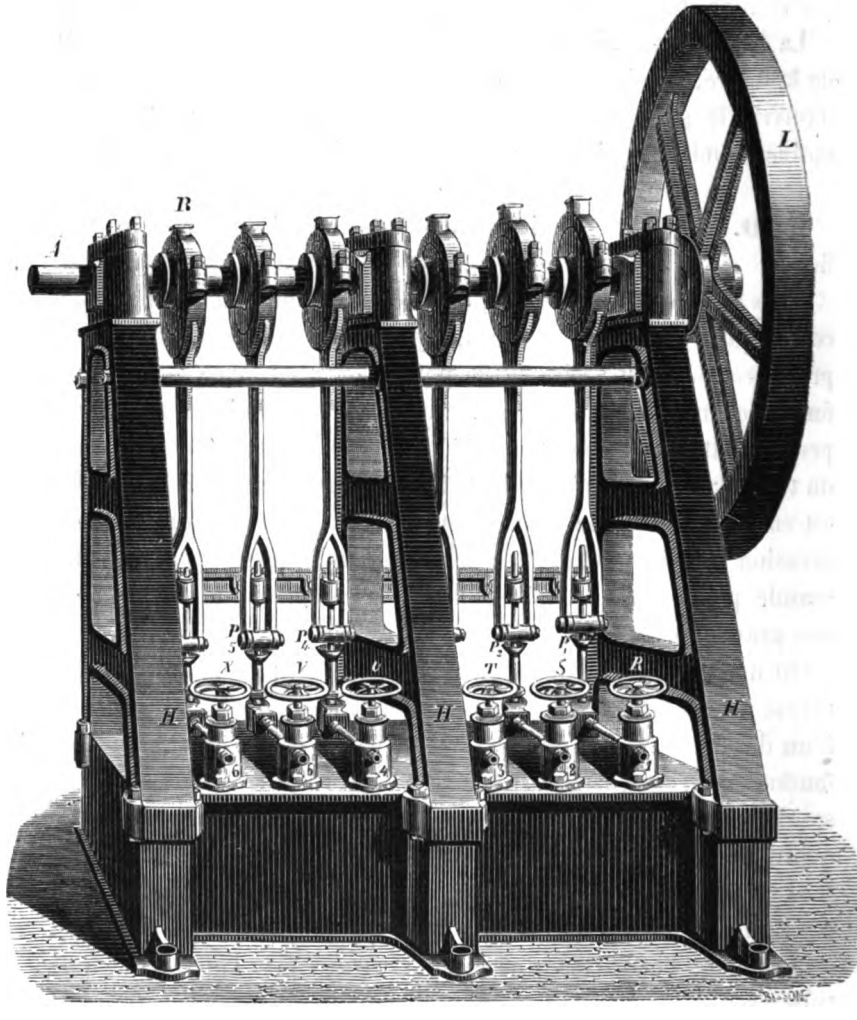


Fig. 145.

soupape *x*, au moyen du levier *xu*, devient assez grande pour lever la soupape. Aussitôt le levier lui-même est soulevé; une tige *rs*, articulée au point *r*, obéit au mouvement et lève l'extrémité *s* du

Digitized by Google

levier sy, avec l'aide du contre-poids y; une deuxième tige zo, articulée en z sur ce second levier, soulève au même instant la soupape d'aspiration o, contre laquelle d'avance on l'avait butée; cette soupape est ainsi mise hors de fonction. L'eau, soulevée par le piston a', ne marche plus vers la presse; elle recule vers la soupape, qui lui livre maintenant passage et retombe dans la bâche. Du même moment le piston a travaille seul; il achève de faire monter la pression au maximum avec la lenteur convenable, en foulant l'eau dans le même tube t.

Cette marche simultanée, du piston a donnant seul de la pression, et du piston a' dont les mouvements sont perdus, on l'arrête quand on juge la pulpe suffisamment pressée, quand elle ne donne plus de jus; mais ce moment expose à une certaine hésitation. Lorsqu'une première fois la pulpe résiste au maximum de pression, le jus dont elle est encore imbibée s'écoule, et un instant suffit pour diminuer la masse et sa résistance. Les poids PP', toujours actifs, font remonter la tige rs (celle qui dépend de la pompe et du piston a) et remettent cette pompe en état de produire la pression maximum. La pulpe est serrée de nouveau et ainsi de suite; il n'est pas rare d'observer, deux ou même trois fois, ces alternatives dans un travail fait sans précipitation.

711. La double pompe dont on vient de lire la description n'est plus en usage aujourd'hui; ses avantages ne compensent pas ses inconvénients: le petit piston exige trop d'entretien et les pressions trop fortes endommagent beaucoup les sacs sans donner plus de jus. On a renoncé généralement à ce système pour s'en tenir à une pompe unique dont le piston a un diamètre de 45 à 50 millimètres et celui de la presse 275 à 300.

712. La maison Cail a simplifié ce mécanisme à un degré remarquable. Voici la disposition du buffet de pompes avec les détails nécessaires :

La figure 145 montre un buffet de six pompes complet; sauf le tube de cuivre établissant la communication de chaque pompe avec une

Digitized by Google

presse, tout est représenté; c'est-à-dire tout ce dont il n'est pas possible d'éviter l'existence hors de la bâche B. Tout ce qui peut être logé dans cette bâche, sans crainte de l'eau, et être mis ainsi à l'abri des dérangements et des souillures, trop imminents, en tout atelier, est enfermé dans cette cuve close, et peut servir pendant une cam-

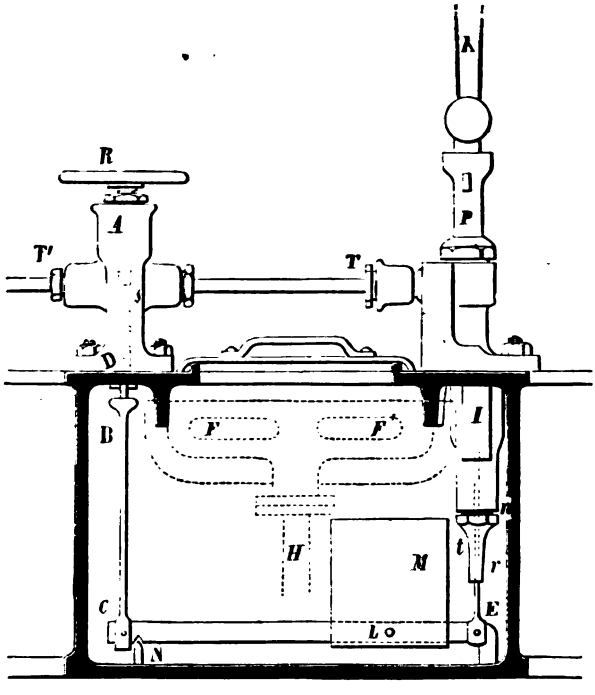


Fig. 146.

pagne entière protégé contre les accidents d'une manière à peu près absolue.

Considérons l'une des pompes P (fig. 146). Le piston plonge dans un corps au fond duquel est une soupape *n*, posée sur les bords coniques d'un tube d'aspiration *t*. Un peu plus bas dans le même tube est un petit piston cylindrique *r*, d'un diamètre inférieur à celui du tube pour ne pas gêner l'aspiration de l'eau, et fixé sur l'extrémité d'une tige *r*E dont l'autre extrémité E est une chape à parois rectangulaires; cette chape entoure le bout du grand bras d'un levier

Digitized by Google

CE, courbé à angle droit au-dessous de E, pour reposer au fond de la bâche et tenir le levier dans la situation horizontale. Au petit bras du levier est attachée, par une autre chape C, une tige BC liée par son sommet B à un deuxième petit piston cylindrique *s* glissant à

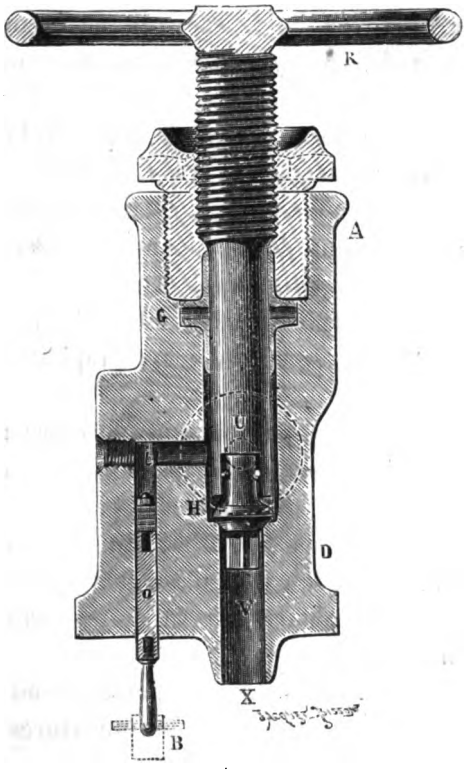


Fig. 147.

frottement dur, celui-là, dans un bout de tube, en communication avec le tube de pression TT', tout près du cylindre AD où est établie la vis de mise et démise en pression. Lorsqu'on veut donner la pression, on serre la soupape H (fig. 147) en faisant tourner la roue R pour visser. L'extrémité inférieure de la tige U, dans laquelle est fixée la tête de la soupape, appuie fortement et ferme le passage HX : l'eau foulée par la pompe dans le tube TT' dont la section se voit au-

Digitized by Google

dessous de U, passe librement autour de ce cylindre et du dessus de la soupape pour aller à la presse, où elle établit peu à peu la pression; le maximum de celle-ci est réglé d'avance, une fois pour toutes, par le poids M, fixé sur le levier CE par une goupille L, de manière à donner, par le rapport du grand bras NE et du petit bras CN, l'effort nécessaire sur la section de *s*. Tant que ce maximum n'est pas atteint, les fonctions de la pompe restent les mêmes; mais, à ce point, le plus petit excès de pression force le piston *s* à descendre et à relever l'extrémité E du levier malgré le poids M. La tige E*r* ainsi soulevée vient heurter la soupape *n* et la tient au-dessus de son siége aussi longtemps que la pression est assez forte pour la tenir elle-même. La pompe continue de fonctionner; elle entretient dans la presse une pression constante, égale au maximum; l'excès d'eau trouve un retour facile dans la bâche, autour de la soupape *n*, dont les mouvements peuvent se succéder avec rapidité, mais sans secousses brusques.

Pour faire cesser la pression, il suffit de tourner la roue R en *dévissant*. Au premier tour, la soupape H est enlevée; l'eau de la presse, chassée par le poids du piston et du plateau, revient par T′ en UHX d'où elle tombe dans la bâche. Dans le cas où une seule pompe sert deux presses, le retour n'est plus ouvert dans la bâche, mais de la presse à démonter dans la presse conjuguée, prête à monter au même moment.

L'huile employée au graissage des pompes tend à s'accumuler dans la bâche, à la surface de l'eau; deux ouvertures FF′ pratiquées latéralement dans la paroi intérieure d'une cuvette très-aplatie lui offrent une issue pour s'écouler par le tube H.

713. On exprime ordinairement la charge appliquée sur le piston des pompes, ou la pression, en nombre d'*atmosphères*. L'unité est un peu plus d'*un kilogramme par centimètre carré*. La pression *moyenne* de l'air atmosphérique étant mesurée par une colonne de mercure de $0^m,760$, il est facile de trouver le poids d'une colonne dont la base est un centimètre carré, puisque la densité du mercure est 13,6 fois celle de l'eau. La colonne est un volume de 76 centi-

Digitized by Google

mètres cubes; elle pèserait 76 grammes si elle était d'eau; elle pèse $76^{gr} \times 13,6 = 1033,6$ grammes puisqu'elle est de mercure. C'est 1 kilogramme 33 grammes 6 décigrammes (1).

Il est facile ensuite d'exprimer la force d'une pompe en atmosphères. Il suffit de connaître la force appliquée sur le piston, de mesurer la section de ce piston et de diviser le nombre de kilogrammes, représentant la force, par le nombre de centimètres carrés, représentant la section. Ce premier calcul donne le nombre de kilogrammes appliqués sur un centimètre carré. Il est bien clair que ce nombre divisé par 1,0336 donnera la force en atmosphères.

Par exemple 1520 kilogrammes sont appliqués sur un piston de 47 millimètres de diamètre; à combien d'atmosphères travaille ce piston?

La section du piston est $23^{mm},5 \times 23,5$ et $\times$ 3,1416 ou $17^{cc},345$.

Le poids sur chaque centimètre carré est :

$$\frac{1520}{17.345} = 87^{kil}.6106.$$

Cette pression est :

$$\frac{87.6106}{1.0336} = 84^{atm}.763,$$

Soit 85 atmosphères à très-peu près.

714. Les presses bien conduites sont chargées seulement à 100 ou 110 atmosphères.

Dans les petites presses, où le piston a 300 millimètres de dia-

(1) On ne commettrait pas d'erreur notable en admettant un nombre un peu plus faible pour la pression atmosphérique $0^{m}.735$ au lieu de $0^{m}.760$, ce qui donnerait 1 kilogramme pour la pression sur 1 centimètre carré. Il serait mieux de ne pas altérer le chiffre de la pression atmosphérique moyenne et de ne pas comparer à cette pression celle des presses hydrauliques, ou des machines en général, car il n'y a pas de lien nécessaire entre elles. Et l'on prendrait pour unité de pression 1 kilogramme (exact) par centimètre carré. Les pressions ainsi mesurées seraient facilement comparées à celle de l'atmosphère dans les cas extrêmement rares où cette comparaison peut avoir de l'intérêt. Chaque unité serait $\frac{10000}{10336} = 0.96749$ d'*atmosphère*. On prend en effet 1 kilogramme rond et on appelle sa pression 1 atmosphère.

Digitized by Google

mètre, on ne dépasse guère 100 atmosphères : ordinairement la charge est de 90 à 100.

Dans les grandes, où le piston a 275 millimètres, on va jusqu'à 130 atmosphères. Ordinairement de 120 à 130.

On peut, et même on *doit* admettre

Minimum.....	90 atmosphères.
Maximum.....	130 —

Je dis on doit, parce qu'il est très-difficile de conserver longtemps une presse en fonction continuelle à cette énorme pression. Les cuirs emboutis ne tardent pas à céder, les moindres parcelles entraînées par l'eau rayent les pistons, les soupapes, et les mettent plus ou moins promptement hors de service. — On ne saurait trop recommander les soins pour les presses hydrauliques, et en particulier l'emploi d'une eau bien limpide, filtrée au besoin (1).

Dans une presse dont le petit piston a 40 millimètres de diamètre et le grand 320, il suffit de charger le petit piston de la pompe de 1561^{kil},5 pour obtenir une pression de 100 000 kilogrammes au plateau.

Cet effort ne dépasse pas 120 atmosphères. — Il suffit pour le meilleur travail.

718. La pression peut être donnée avec plus ou moins de *force :* et en plus ou moins de *temps*. Il est clair qu'avec une force constante, le temps produira de plus en plus d'effet. Il n'est pas moins certain que, dans un même temps, la force produira des effets plus grands ou plus petits comme elle-même. Walkhoff a fait des expériences pour apprécier la double action sur la pulpe de betterave ; il a trouvé :

(1) La visite des soupapes et leur remplacement au besoin ne demandent pas plus de cinq à six minutes. On dévisse les *couvercles* D (fig. 144 et 145), on peut prendre chaque soupape avec une pince, la débarrasser des poussières terreuses, métalliques, etc., qui la rayent et empêchent de joindre. On est averti par la lenteur ou même l'arrêt de la presse. S'il le faut on la remplace et on fait roder la surface endommagée.

Digitized by Google

1° *Même temps* = 3′.

Pressions.	Rapport.	Jus produit par 100.
kil. 3.4 sur 1 centimètre carré.....	1.00	60
5.5 —	1.62	64
27.5 —	8.09	75
51.6 —	15.18	80

Même temps = 30′.

Pressions.	Rapport.	Jus produit par 100.
kil. 16.7 sur 1 centimètre carré.....	1.00	80
35.26 —	2.11	84

2° *Même pression* = 16^{kil}.7 *sur 1 centim carré* — 630 *kilogr. de pulpe.*

Temps de pression.	Jus produit par 100.	Moyenne.
De 1 à 5 minutes.....	66 à 75	70.5
5 à 10.....	7.5 à 3	75.25
10 à 15.....	4.5 à 2.3	78.65
15 à 20.....	2.6 à 1.1	80.50
20 à 25.....	1.6 à 1.0	81.80
25 à 30.....	0.8 à 0.6	82.50
30 à 35.....	0.4 à »	82.70
	83.4 à 83.0	

On voit, d'après ces expériences :

1° La pression dans un même temps produire plus d'effet quand elle est plus forte, mais non pas en proportion.

La force 1 donne 60 de jus.
La force 15 donne 80 de jus et non pas $15 \times 60 = 900$.

2° Le temps d'une même pression produit de même plus d'effet : mais ce n'est pas non plus en proportion.

Le temps 1 donne 70.5.
Le temps 7 donne 82.7 et non pas $70.5 \times 7 = 493.5$.

Toutefois c'est le temps qui donne la proportion la plus forte — dans les conditions des expériences.

La remarque est essentielle : au lieu d'opérer avec des sacs, carrés ou à peu près, si l'on donne la pression par lignes comme

Digitized by Google

dans les presses continues, les résultats peuvent être et sont certainement très-différents.

716. Le maximum de pression dans la presse hydraulique est garanti par un soupape de sûreté, soupape de Papin, dont la tête est surmontée d'une *pointe de pression* traversant la partie annulaire du levier à l'extrémité duquel est posé le poids calculé d'avance pour donner le maximum de pression. Nous examinerons cette soupape en détail en parlant de la machine à vapeur.

717. Il importe de surveiller le jeu des pompes sans les démonter, c'est-à-dire à l'aide de manomètres. Voici les principaux :

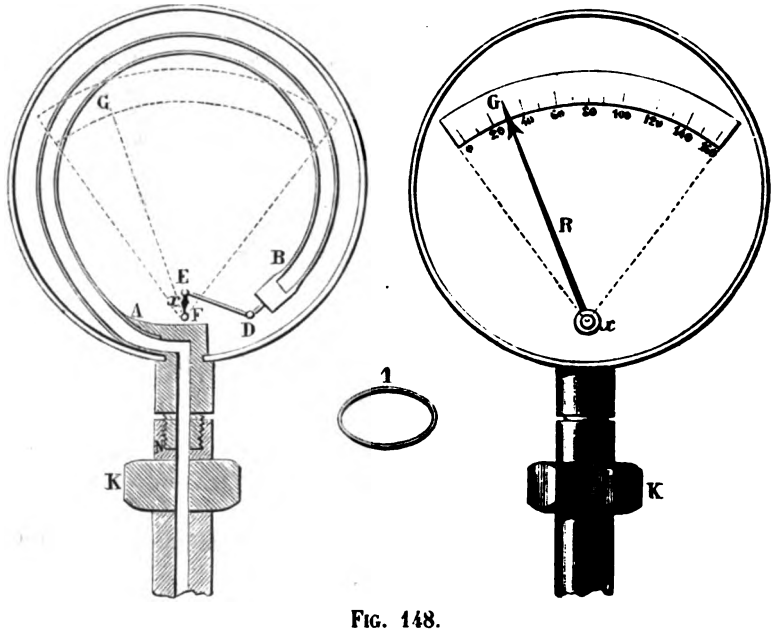


Fig. 148.

Manomètre métallique. — Un tube métallique AB, de section elliptique I, est soudé par son extrémité A dans l'ouverture latérale d'un tube creux AK, sur lequel on ajuste à vis et les joignant par un cuir N, l'extrémité K d'un petit tube de cuivre communiquant avec le tube de la presse. A mesure du développement de la pres-

Digitized by Google

sion, la courbure de ce tube s'étend, et la pièce BD, soudée à son extrémité B, tire le petit levier DE, qui peut faire tourner autour d'un goujon x un petit levier EF, et, par suite, amener l'extrémité F de droite à gauche, avec une grande facilité due aux charnières D,E. Le goujon x est lié au manchon de l'aiguille Gx, et l'extrémité G peut ainsi parcourir un arc de cercle divisé où sont tracées d'avance les pressions mises en œuvre dans la presse.

718. Un système analogue, mais d'une structure beaucoup plus délicate, consiste en ce que la tige D fait mouvoir un secteur denté, dont l'extrémité, en marchant de droite à gauche, conduit de gauche à droite nn petit pignon fixé dans le manchon de l'aiguille.

719. *Manomètre à mercure.* — Il a été construit beaucoup de manomètres à mercure.

Les uns à air comprimé, tout semblables à ceux dont la description est donnée par tous les Traités de Physique. Les inconvénients nombreux, et presque insurmontables, de ces appareils les ont fait abandonner : brisure fréquente des tubes de verre, danger causé par la projection des éclats, perte du mercure, etc.

Les autres à air libre. Ils ne seraient pas possibles si le tube manométrique, ouvert dans l'air, devait avoir la hauteur d'une colonne de mercure suffisante à l'équilibre de pression avec les presses. Il faudrait une hauteur de $150 \times 0^m,76$ ou 114 mètres; on ne peut même y penser.

720. Mais on peut réduire cette hauteur par un artifice dont le mécanicien Desgoffe a exécuté la réalisation. La figure 149 représente ce manomètre : B est l'extrémité d'un tube AB rattaché à la presse et empli d'eau; le liquide transmet la pression à un petit cylindre de bronze C glissant comme piston dans la chambre où il est logé; ce piston transmet lui-même la pression, *devenue mécanique*, à un large plateau DD' en métal posé sur une feuille de caoutchouc EE' serrée par la base annulaire FF', sur les bords d'un vase de fonte GG', contenant de l'eau et du mercure M. Ce métal peut s'écouler jus-

Digitized by Google

qu'aux dernières gouttes par le tube MK, foré dans l'épaisseur du vase, et monter dans le tube de verre manométrique KH. Ce tube communique avec l'air à son sommet (au-dessus de H); mais il n'a cependant plus besoin de l'énorme hauteur dont nous venons de parler, et la raison en est bien simple : la pression transmise au plateau DD′ par le piston C, quelque puissante qu'elle soit, de

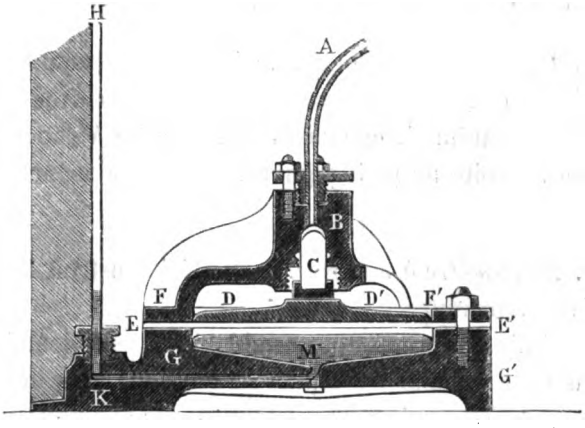


Fig. 149.

120 kilogrammes par centimètre carré, par exemple, se réduit à 1 seul kilogramme sur le même centimètre si la section du plateau est 120 fois plus grande que celle du piston C. Elle est répartie *mécaniquement* sur cette large section, et devient plus faible en raison inverse. Elle serait réduite à 1/2 kilogramme si la surface du plateau était 240 fois celle du piston, etc. Par conséquent, la colonne de mercure soulevée dans le tube HK est d'autant moindre et dans les mêmes rapports. Un tube de 2 mètres peut suffire à l'évaluation des plus fortes pressions et ne donner aucune crainte d'explosion; son nettoyage est facile. etc. Malheureusement cet ingénieux appareil est très-délicat. L'usage ne s'en est pas répandu.

Il a d'ailleurs l'inconvénient de tous les manomètres à mercure, celui de ne pouvoir donner aisément le registre de ses indications, ce qui est au contraire assez facile avec les manomètres métalliques. Examinons ce sujet :

Digitized by Google

721. La surveillance des presses est une des grandes nécessités de la fabrication. Même dans les cas où les ouvriers travaillent à tant l'hectolitre, le service des pompes d'injection est négligé. Pour faire du jus, on laisse de la pulpe, et il n'est pas très-rare d'en avoir 30 au lieu de 20 ou 22/000. Le fabricant ne peut d'ailleurs entretenir un surveillant spécial, et, s'il veut connaître d'une manière certaine le fonctionnement de ses presses, il faut avoir recours à un enregistreur mécanique. En voici un exemple (1) :

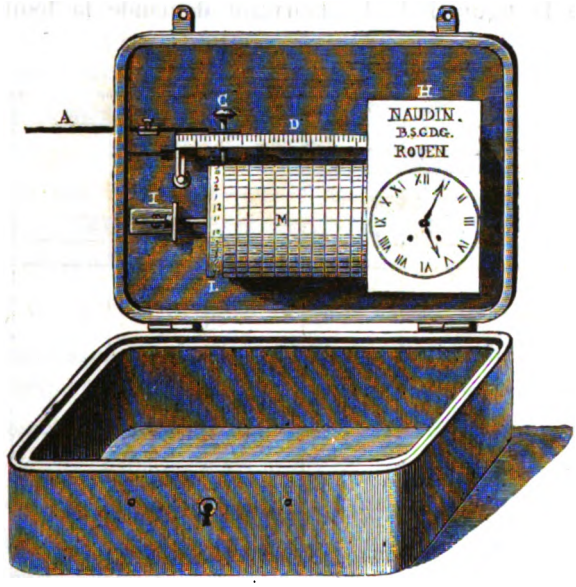


FIG. 150.

A (fig. 150) est une tige fine d'acier rattachée à l'aiguille d'un manomètre métallique (au point R, si l'on veut (fig. 148). A l'extrémité de cette tige est fixé, sur deux petits rails D, un chariot B porteur d'un crayon C. Ce crayon peut avancer ou reculer suivant la marche de l'aiguille, et tracer en une ligne continue tous les points de cette marche si la feuille de papier M, roulée sur un cylindre,

(1) Dans la figure 150 on a représenté le couvercle de face et la boîte oblique tout en laissant les charnières.

Digitized by Google

tourne régulièrement au-dessous de sa pointe pendant les vingt-quatre heures de la journée. Or, rien de plus simple : le cylindre peut tourner avec la régularité voulue si l'une des extrémités I', de son axe II', porte une roue d'engrenage liée au mouvement d'une horloge H. Le papier sur lequel on a tracé d'avance 24 lignes longitudinales, pour obtenir 24 espaces égaux correspondant aux heures, et des lignes transversales correspondant aux dizaines d'atmosphères, présente, après avoir été développé sur une table, un aspect de la figure 151. Le fabricant demande la feuille à sept

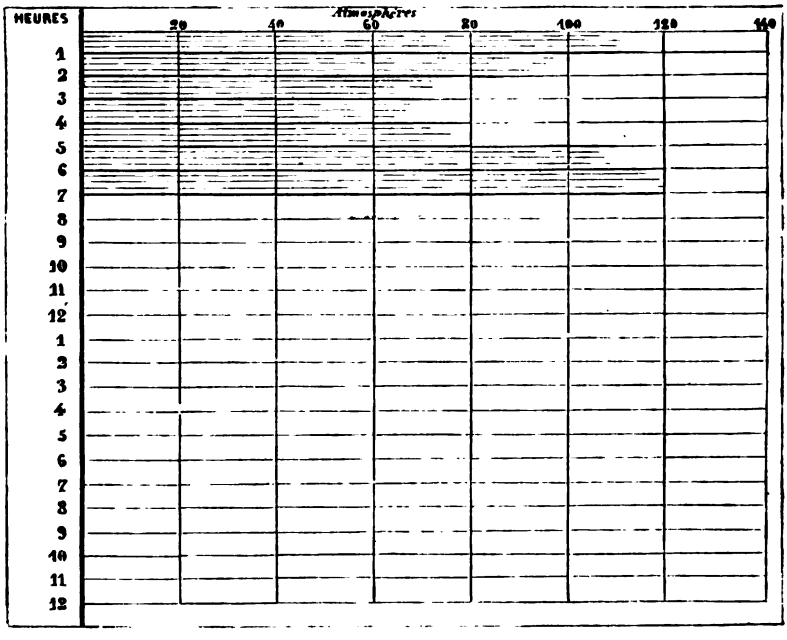


FIG. 151.

heures du matin et voit d'un coup d'œil la marche de la nuit. Vers une heure du matin, les traits de crayon ont atteint 110, 112 atmosphères; de une heure à trois, la pompe a descendu même au-dessous de 70 atmosphères. Ce mauvais travail a duré jusqu'à cinq heures. Alors on a pensé au changement de *poste*, et on s'est remis

Digitized by Google

en état pour six heures; la pression a été rétablie : on est remonté à 110 et même à 120 et 122 atmosphères.

Chaque jour l'examen des feuilles de presses demande au plus quelques minutes.

722. Il est préférable de supprimer, si l'on peut, toutes ces opérations gênantes par leur nombre, coûteuses, parce que chaque presse doit avoir son manomètre et son enregistreur.

On l'a essayé; mais, jusqu'à présent, on ne peut rien en dehors des deux conditions dont nous devons parler : la première, mettre la presse hors d'état de dépasser un maximum; la seconde, assurer son fonctionnement par un bon entretien.

Mettre la presse hors d'état de dépasser un maximum : nous en avons cité le moyen en décrivant la *pompe à contre-poids*, disposition ingénieuse attribuée à Boursier. Nous avons dû, pour être complet, dire encore la forme simple adoptée depuis dans la maison Cail. Reste à assurer le fonctionnement.

723. *Graissage des pistons de presses.* — Les corps gras ne sont pas d'un bon usage pour graisser les pistons au contact de l'eau souvent très-impure des fabriques. Toutes les eaux riches de sels calcaires et magnésiens donnent, avec l'huile ou les graisses solides, des savons calcaires, dont l'effet n'est pas favorable et est même nuisible : il fait gripper. On a employé, au lieu de corps gras, des savons tout faits, à base alcaline, incapables de prendre la chaux au lieu de leurs alcalis. On s'en trouve bien. Le savon calcaire ne se forme pas.

724. La grandeur des sacs employés sur une même presse a de l'intérêt; plus ils sont petits, plus ils sont comprimés, car ils reçoivent en tout cas le même effort; et cet effort, sur l'unité de surface, est directement en raison du petit nombre d'unités comprimées. Une presse montée à 100 000 kilogrammes (§ 714) donne 400 kilogrammes sur chaque décimètre carré quand les sacs ont 25 décimètres ($0^m,50$ sur $0^m,50$); elle n'en donne plus que 250 sur des sacs de 40 décimètres ($0^m,63$ sur $0^m,63$).

Digitized by Google

La dimension des sacs doit donc être la plus petite *possible;* mais ce possible est limité par les autres conditions, le temps et la dépense de mouvement et de main-d'œuvre.

On pourrait, avec de très-petits sacs, obtenir 84/100 de jus; mais on va voir ce qu'il en coûterait. Schatten a fait les expériences dont voici le résultat :

	Centièmes de pulpe après une même pression.		
Surface des sacs.	Bas de la pile.	Milieu.	Haut.
13.7 décimètres carrés...	28	26.9	25.4
10.....	24	23.3	22.2
7.....	24.7	21:3	20.1
4.5.....	24.5	21.6	18.2
2.4.....	23	21.2	16.1

Ces expériences montrent une différence très-digne d'attention entre le haut et le bas des piles; j'y reviendrai. Si l'on prend une moyenne des trois résultats pour les surfaces extrêmes on trouve :

Surfaces.		Pulpe.
13.7	5.71	26.1
2.4	1.00	20.1

Il s'en faut que les quantités de pulpe soient proportionnelles aux surfaces et par conséquent aux pressions. — Il est d'ailleurs fort difficile d'établir des règles certaines dans un tel sujet. Walkhoff a pressé des sacs de 26 décimètres carrés ($0^m,51$ sur $0^m,51$) avec une pression de 3,300 kilogrammes par décimètre, il a obtenu en moyenne 16,5 de pulpe.

725. Les grands sacs doivent être préférés par beaucoup de raisons :

1° Sur une même presse ils ont beaucoup moins de fatigue. On estime l'usure à

18 ou 20 grands sacs pour 100000 kilogrammes de betteraves.
28 ou 35 petits sacs — —

2° Le rendement en jus est plus grand ; cela tient surtout à l'excès relatif du jus retenu par les bords des sacs. Ces bords ont toujours la

Digitized by Google

même largeur et seraient proportionnels aux côtés ; mais, en outre, la charge des grands sacs est très-supérieure à celle des petits et, par conséquent, le jus retenu par leurs bords est relativement beaucoup moindre.

Les contours du sac de $0^m,50$ et du sac de $0^m,65$ sont : : 1 : 1.3, mais les charges peuvent être en même temps : : 1 : 2 ou 2,5. On voit que la quantité de jus, supposée 15 centimètres cubes par décimètre de bordure, représente :

Pour 2500 de pulpe dans le petit sac ou 12 pour 100. 300 cent. cubes.
Pour 6250 — dans le grand sac ou 6,24 — . 390 —

La perte est relativement presque moitié moindre.

3° Les frais généraux du maniement des grands sacs sont beaucoup plus faibles.

Un sac de $0^m,50$ chargé à $2^{kil},500$ peut former une pile de 40 sacs, soit 100 kil.
Le sac de $0^m,65$ — $6^{kil},000$ — 30 — 180

On peut donc obtenir, avec la même main d'œuvre ou à peu près, une masse 9 au lieu de 5 ; les frais de pression sont aussi les mêmes. L'intérêt du prix des machines est un peu plus grand, mais la différence est très-faible.

4° Enfin le temps de pression est à peu près le même.

726. Les sacs dont nous étudierons le tissu tout-à-l'heure sont exposés à la pression en les séparant par des *claies* ou *feuillards*.

Ce sont, presque universellement aujourd'hui, des cadres formés d'un assemblable de lames de fer croisées à angle droit et solidement rivées en carrés. Ces lames ont 5 centimètres de largeur, et 2 millimètres d'épaisseur : elles sont écartées de 4 à 5 centimètres environ. Le poids en est :

3 à 3,5 kilogrammes pour 70 centimètres.

On les emploie de 8 à 10 centimètres plus larges que les sacs.

Leur construction n'est pas faite en vue de la légèreté : les feuillards doivent avoir une épaisseur assez grande pour résister à d'énormes fatigues : lancement rapide sur les plateaux des presses,

Digitized by Google

contournement pendant les pressions, chutes sur le sol, etc. La superposition des lames est un moyen simple, excellent, d'entretenir des rigoles entre les sacs pour l'écoulement du jus.

727. Quelle est la meilleure proportion de pulpe à introduire dans les sacs?

Schatten en a fait l'étude pour des sacs de 40 centimètres, il a trouvé :

Quantité de pulpe par sac.	Jus en centièmes.	Quantité de pulpe par sac.	Jus en centièmes.
1.024	75	2.550	76.7
1.520	75.3	3.024	75.9
2.050	75.8	4.000	73.8

Le maximum de rendement est donc obtenu pour $2^{kil}.550$. La surface étant de 16 décimètres carrés, la charge est $\frac{2550}{16} = 153$ grammes par décimètre carré.

Walkhoff, après une étude semblable, dans des sacs de 70 centimètres, a trouvé le meilleur rendement pour 8 kilogrammes par sac ou la charge $\frac{8000}{49} = 163$ grammes.

On aurait donc en moyenne 158 grammes.

Il importe de bien proportionner le pelleteur et les sacs. — Dans le cas du pelletage à la main l'ouvrier doit emplir régulièrement sa pelle.

728. La hauteur des piles doit encore nous arrêter un instant.

D'abord, plus une pile est haute, plus sa construction demande de temps.

Supposons une pile de 1 mètre; pour la réduire à son plus petit volume, dans la presse hydraulique, il faut en extraire à peu près la moitié de son volume de jus, ce qui la réduirait à $0^m,50$; mais en raison de l'épaisseur des sacs et des feuillards, et de l'étalement des sacs, elle conserve à peu près 46 ou 47 centimètres; la course du piston est donc de 54 ou 53 centimètres.

Aurait-on avantage à se servir d'une presse plus haute, où la dis-

Digitized by Google

tance du sommier au plateau serait plus grande et permettrait de faire entrer des piles de $1^m,50$? — Pour cette hauteur la course du piston devrait être $54 \times \frac{3}{2} = 81$ centimètres.

La première course de 54 centimètres exige environ 8 minutes.

La seconde exigera par conséquent $8 \times \frac{3}{2} = 12$.

D'ailleurs on laisse les piles sous la pression maximum à peu près 5 minutes.

Les temps seront donc : : $8 + 5 : 12 + 5$ ou : : $13 : 17$. — Les quantités de pulpe étant : : $1^m,00 : 0^m,50$, le rapport des temps est plus faible que celui des hauteurs des piles.

$$17 : 13 :: 1 : 0.7647$$
$$150 : 100 :: 1 : 0.6667$$

En d'autres termes, il faut moins de temps, relativement, pour la pression des piles plus hautes. L'avantage n'est pas très-grand, et il est, en général, plus que compensé par les inconvénients; nécessités des guides latéraux, usure plus grande des sacs, perte de jus par projection, diminution de qualité par un trop long contact avec l'air, avec les sacs, etc. Donc il est bon, sous tous les rapports, de s'en tenir aux piles de hauteur moyenne ; 35 à 40 sacs au plus.

729. Il n'est pas sans intérêt de donner aux piles de sacs une hauteur déterminée.

Une pile trop petite exigerait des mouvements de presse trop nombreux. Une pile trop haute a l'inconvénient de *se tordre* et il en résulte deux choses fâcheuses : 1° Les sacs, plus pressés d'un côté que de l'autre, se gonflent démesurément du côté de la moindre pression et se déchirent ; 2° Le même gonflement fait courber la pile de plus en plus et ne tarde pas à la rompre. On ne peut éviter cet accident sans employer des tuteurs métalliques d'un usage incommode. Les presses préparatoires en ont toutes ; ils s'engagent, en bas, dans des mortaises de la semelle et sont tenus, en haut, par des poignées fixes T vissées sur les contreforts du plateau mobile.

Digitized by Google

730. On a songé, pour éviter ces tuteurs, à employer des sacs de grande dimension et mieux deux piles de sacs ordinaires adossées l'une à l'autre sur un grand plateau. Il a fallu proportionner le piston au plateau; mais le diamètre devenant ainsi trop considérable, on a construit des presses à deux pistons conjugués sous un plateau unique; j'ai vu de ces presses, mais je les crois aujourd'hui très-rares, sinon complétement abandonnées. Assurer la marche parallèle des deux pistons me paraît une bien grande difficulté.

731. L'*ensachement*, ou mise de la pulpe en sacs, a lieu avec une grande rapidité.

Dans le cas de pelletage à la main, l'ouvrier chargé spécialement de faire le sac, l'*ensacheur* reçoit le sac vide des mains d'un enfant, l'ouvre et le tend au pelleteur qui lui verse une charge; aussitôt il fait plier les deux bords du sac pour les rabattre ensemble et donner une fermeture suffisante à éviter toute perte au lancement. Avant de laisser au jus le temps de s'écouler du sac, il le lance *vers* le plateau de la presse préparatoire (§ 706) où le sac n'arrive qu'après avoir été pris à la volée par les deux *rouleurs*, ouvriers placés l'un à droite, l'autre à gauche de la presse, et chargés d'empoigner le sac, l'un par les bords pliés, l'autre par le fond, et de l'étendre sur la claie passée à l'instant, par un autre ouvrier, sur le sac précédent. Non-seulement ils l'étendent, mais pendant que l'un d'eux ajuste les bords avec soin pour fermer le sac hermétiquement, l'autre maintient le fond et, après un pétrissage rapide par les doigts, avance un rouleau dont ils se servent ensemble à égaliser la masse de pulpe.

Dans le cas du pelletage mécanique, l'ensacheur pose le sac sur le gril (fig. 136) et en présente la bouche sous la poche au moment de la culbute. Tout le reste comme nous venons de le dire.

732. Le pelleteur mécanique peut verser 20 charges par minute, ou 100 kilogrammes.

Il peut donc suffire à $22 \times 60 \times 100 = 132\,000$ kilogrammes de pulpe dans les 22 heures de travail — ou, en admettant 1/20 temps perdu, 125 400 kilogrammes, — soit 1,250 hectolitres.

Digitized by Google

L'ouvrier ensacheur excécute un travail considérable. Dans les 11 heures de travail, il soulève de 60 centimètres, à peu près, l'énorme masse de 62 700 kilogrammes.

C'est 37 620 kilogrammes à 1 mètre en 39600 secondes,

ou à peu près 1 *kilogrammètre par seconde*, ou $\frac{1}{75}$ cheval-vapeur.

Les rouleurs, une fois la pile établie, la font passer sur la semelle et donnent la pression. Pendant l'accomplissement d'une pressée, ils s'emploient à la pile suivante.

733. La charge d'une presse, ou le nombre des sacs d'une pile, peut être réglé d'avance, à volonté. Si l'on veut, par exemple, obtenir 1 hectolitre de jus à chaque pile, cet hectolitre pesant, en moyenne, 104 kilogrammes, et 100 kilogr. de betteraves laissant 22 de pulpe, il est facile de calculer la masse de pulpe à introduire dans la pile : c'est 133 kilogr.; — à raison de 5 kilogr.; par sac, il faudrait donc 26.67 sacs, soit 27.

Une pile de 27 sacs (de 5 kilogr. pulpe), à 33 décimètres carrés de base, soit 58 centimètres de côté, présenterait, à son arrivée sur la presse préparatoire, une hauteur de 70 à 72 centimètres au minimum. La course du plateau ne dépasse pas 36 à 40 centimètres; on ne peut donc employer plus de 15 à 16 sacs. Le temps d'une descente étant de soixante-quatre secondes, celui d'une montée de trente-six, on peut presser 8 sacs, ou 40 kilogrammes, par minute.

Au lieu de sacs, on le croirait à peine, il est ordinaire en Allemagne d'employer des serviettes carrées, dont on relève les quatre coins pour les rabattre à recouvrement l'un sur l'autre. — Il suffit de dire ce moyen pour le faire juger; ses mille inconvénients sautent aux yeux. — Aussi, même en Allemagne, l'abandonne-t-on de jour en jour.

734. On a fait beaucoup d'essais relatifs au choix du tissu pour les sacs ; ordinairement ils sont en laine : une longue expérience paraît ne laisser aucun doute sur leur supériorité. — La laine est

Digitized by Google

élastique ; malgré les fortes pressions ses plis résistent longtemps : et quand elle est usée, sa valeur n'est pas nulle. Elle ne craint pas les acides, ni les carbonates alcalins ; mais les alcalis caustiques la détériorent promptement. Ils peuvent la dissoudre tout entière, non pas comme du sucre dans l'eau, mais en la décomposant suivant le temps et la température ; ils la changent en dérivés plus ou moins nombreux et on ne pourrait, en les saturant par un acide, retrouver de la laine. La chaux elle-même produit ces effets, avec moins de rapidité que la potasse ou la soude.

Les tissus de crin se rapprochent beaucoup de ceux de laine, mais ils n'ont rien de préférable. — Les tissus de soie, toujours plus chers, sont moins résistants.

On a cru pouvoir obtenir de bons sacs en tissus de chanvre ou d'autres fibres végétales (jute, phormium tenax, etc) ; tous les essais à ma connaissance ont laissé pour la laine une incontestable supériorité. Ses fibres sont plus pleines et plus faciles à nettoyer ; les sacs livrent un meilleur passage au jus, tout en retenant mieux les parties de la pulpe les plus fines.

735. Le lavage des sacs est fait à la main, nécessairement, car il faut les retourner. On doit ne pas laisser d'intervalle entre le moment où l'on renonce à l'emploi des sacs et celui de leur lavage. Le mieux est de les plonger dans de l'eau tiède, 40 à 45°, et de les agiter pour les faire traverser par l'eau. On les met en piles d'égouttage sur un bord de l'auge où est contenue l'eau de lavage, et, quand ils sont égouttés, on les passe dans une deuxième auge contenant de l'eau moins chaude, 35°, avec 5 millièmes de carbonate de soude. Les laveuses doivent retourner les sacs dans cette eau, les frotter assez fortement pour détacher la pulpe, en s'aidant d'une brosse au besoin et les mettre à égoutter. On les passe ensuite dans une troisième auge où coule sans cesse de l'eau pure : ils sont pris un à un, agités comme la première fois, de manière à être entièrement traversés par l'eau, foulés un peu à la main et mis une dernière fois à égoutter.

Au lieu du carbonate de soude on peut faire usage des eaux de

Digitized by Google

condensation du triple effet qui sont ammoniacales. Mais, sous aucun prétexte, il ne faut employer les autres alcalis caustiques, la chaux comprise; ce serait détruire les sacs en pure perte et rendre le travail presque impossible aux laveuses, qu'il serait juste en outre d'indemniser; nouvelle dépense.

Les sacs bien lavés, bien égouttés, sont ensuite portés en pile sur une presse hydraulique; malgré tout le soin mis dans les lavages, il reste un peu de matière mucilagineuse, dont on ne peut débarrasser les sacs sans la pression forte et rapide obtenue ainsi.— Les piles de sacs sont quelquefois formées sans intermédiaire; mais on peut rendre l'expression plus complète en séparant les sacs par groupes de 5 ou 6, au moyen des feuillards.

Reste à faire sécher entièrement les sacs. Le mieux est de les suspendre dans une étuve construite en une partie de la fabrique où puisse être recueillie de la chaleur peu coûteuse, — au-dessus des générateurs par exemple. — Je ne m'arrêterai pas à cette construction dont les dispositions sont bien connues. — Je dirai seulement que les sacs doivent être, après dessiccation, d'une odeur saine, exempte de toute acidité, de toute exhalaison ammoniacale ou putride. Toutes les mailles du tissu doivent être libres et ne pas obstruer le passage de la lumière. Enfin la sécheresse doit être complète, ou à bien peu près, et sur toute la surface du sac il ne doit exister aucune partie mucilagineuse ni odorante.

736. On a imaginé pour le lavage des sacs un grand nombre de laveuses mécaniques. Ces machines doivent être simples et peu coûteuses : elles ont été jusqu'ici presque toutes construites à fond tournant et exigeant une grande force. Une des meilleures est celle de Schreber.

C'est une grande cuve en tôle munie d'un couvercle en deux parties, l'une fixe et l'autre mobile, On ouvre cette dernière, jusqu'au repos sur un chevalet boulonné à la partie fixe, pour introduire ou extraire les eaux et les sacs; puis on la referme et on donne le mouvement à la poulie motrice. Un pignon, calé sur son arbre, entraîne une roue dentée dont l'arbre porte les cames motrices de

Digitized by Google

deux battoirs plongés dans la cuve : en même temps une roue d'angle, calée sur le même arbre, commande une deuxième roue semblable, dont l'arbre porte un pignon engrené dans le collet denté de la cuve.

Tous les sacs viennent ainsi recevoir l'action des battoirs dans une masse d'eau assez grande ; ils sont lavés et battus complétement en 25 ou 30 minutes.

La dernière chose à faire c'est une visite attentive des sacs : tous ceux qui sont décousus ou déchirés doivent être réparés le plus promptement possible. Il faut compter deux ouvrières au moins, constamment occupées pour ces réparations, par 10 millions de kilogrammes de betteraves. La dépense d'achat est évaluée de 2700 à 3500 sacs par campagne pour le même travail.

PRESSES CONTINUES

737. Les inconvénients des presses hydrauliques ont fait chercher depuis longtemps à les remplacer par des presses continues pouvant fonctionner plus mécaniquement, et sans une aussi grande dépense de sacs. On a imaginé un grand nombre de systèmes (il y en a près de huit cents). Je vais décrire ceux qui paraissent remplir le mieux les conditions désirées.

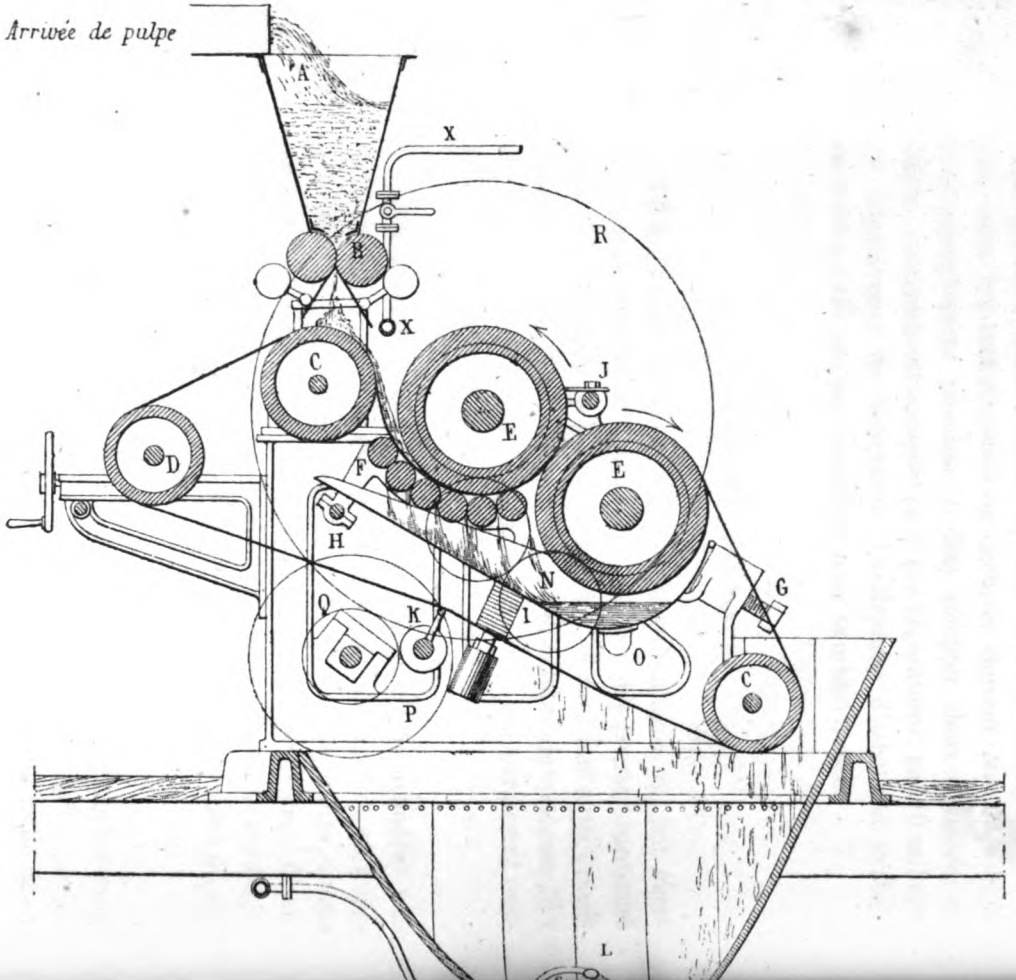
738. *Presse Poizot.* — C'est un laminoir : les cylindres sont horizontaux, et leur mouvement peut continuer pendant un temps indéfini. La pulpe, fortement pressée entre les cylindres, tombe dans une trémie, où elle est arrosée d'une certaine quantité d'eau; elle tombe ainsi dans l'auge d'une deuxième presse, toute semblable à la première, et, après une seconde pression, elle est mise de côté pour retourner au cultivateur-éleveur.

Voici la structure de la presse :

T' (fig. 151) est l'extrémité d'un tube venant de la pompe à pulpe (§ 705) et versant cette pulpe dans une auge A prismatique de même longueur que les cylindres B, dont la distance peut être nulle quand

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

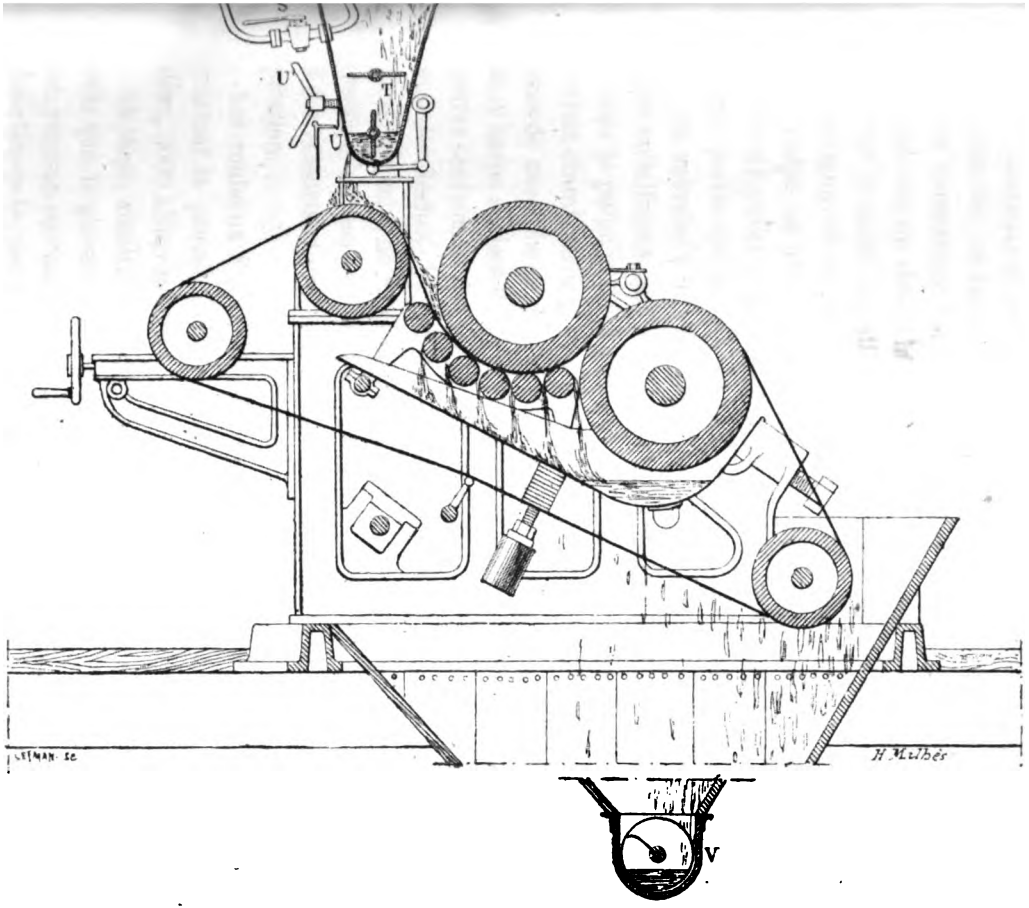


FIG. 151. — *Presse Poizot.* — N° 738, page 164.

Digitized by Google

Digitized by Google

on veut fermer l'auge, mais peut être portée à 2,5 millimètres, pour laisser distribuer la pulpe sur un premier rouleau C couvert par la toile sans fin, au travers de laquelle va passer le jus. Cette toile, mise en mouvement par le rouleau, passe entre les presseurs E,E′, s'enroule sur un deuxième rouleau C′ semblable à C, puis sur un troisième D mobile parallèlement aux axes et servant de tendeur : il peut se mouvoir de 40 à 45 centimètres.

La pulpe est pressée d'abord, successivement et de plus en plus, par les six petits rouleaux F, sur lesquels elle abandonne la plus grande partie du jus; elle passe ensuite entre les presseurs E,E′, où elle est soumise à une très-forte pression, non pas entre des surfaces métalliques, qui auraient l'inconvénient mécanique de trop écraser la pulpe et de déchirer la toile, en même temps que l'inconvénient chimique de mettre du fer dans les jus; mais entre des surfaces de caoutchouc. Les presseurs EE′ sont enveloppés d'une lame de ce corps épaisse de 20 millimètres : les rouleaux F, de 15 millimètres seulement. Le mouvement des presseurs est donné dans le sens des flèches. Le presseur E ne peut subir aucun autre mouvement que celui de rotation : le presseur E′ est susceptible d'écartement : il est serré contre le premier par l'action de deux vis G liées à des ressorts et pouvant donner ensemble 10000 kilogrammes de pression.

Les rouleaux F sont montés sur deux étriers, articulés en H, et recevant la pression de deux ressorts I capables de donner, à eux deux, 3000 kilogrammes.

La pulpe, aussitôt pressée, est soustraite aux causes de dispersion : celle que le presseur E tendrait à entraîner dans la pulpe fraîche est retenue par un raclette J; au delà du rouleau C′, elle tombe dans la trémie, pas tout entière; une partie resterait adhérente à la toile; mais celle-ci, dans toute l'étendue comprise entre le rouleau C′ et le tendeur D, se trouve soumise à un battage énergique par une tige horizontale K mise en mouvement très-rapide, et *forçant* la toile à des secousses qui ne permettent pas l'adhérence. Tous ces mouvements la réunissent dans la trémie L, au fond de laquelle une vis sans fin M la rassemble sur un même côté de l'auge de la

Digitized by Google

deuxième presse. Un tube d'arrosage horizontal S lui distribue de l'eau pure, en quantité réglée par le robinet S', placé sous la main de l'ouvrier. Ce n'est pas une addition d'eau nouvelle. Dans le système de travail dont la presse fait partie, on ajoute ici à la pulpe les 20 ou 25/100 d'eau versés à la râpe dans le système des presses hydrauliques.

Les jus exprimés par les rouleaux F et les presseurs EE' se réunissent dans une auge spéciale N : ils en sortent par une tubulure inférieure O, qui les conduit par le plus court chemin aux bacs d'épuration.

La pulpe, arrosée et malaxée par deux palettes TT, est versée sur la toile de la deuxième presse au travers d'une porte coulisse V, dont l'ouverture est réglée par une manivelle; les jus faibles qui en sortent vont à la râpe au lieu d'eau pure. Elle tombe dans une auge au fond de la trémie : cette auge cylindrique est occupée par une vis sans fin qui l'entraîne et la dirige vers le magasin dont nous avons parlé.

Le tamisage est assez efficace pour ne pas laisser plus de 50 grammes de pulpe folle par hectolitre; il s'opère au travers d'une toile métallique n°s 60 à 65.

La toile sans fin n'est pas à l'abri du grand inconvénient des toiles ou sacs de la presse hydraulique : elle s'encrasse par les mêmes causes, mais on peut la nettoyer plus aisément que les sacs; on la lave sur place en l'arrosant par les tubes, X dans la première presse et S dans la seconde.

Avant d'aller plus loin, remarquons une condition essentielle : chaque presse de première pression n'exige pas une presse de seconde pression pour elle seule : deux presses de première peuvent parfaitement être desservies par une seule presse de deuxième.

La pulpe fournie par les presses de première représente à peu près 25/100 de la betterave. L'eau versée sur cette pulpe avant la deuxième pression étant aussi les 25/100 de la betterave à très-peu près, le mélange de pulpe et d'eau se fait *à poids égal*. Chaque presse de première peut recevoir, en vingt-quatre heures, 60 000 kilogrammes de *betterave râpée*. Deux presses en reçoivent donc

Digitized by Google

120000. La pulpe qu'elles abandonnent étant les 25/100 ou le quart du poids, équivaut à 30000 kilogrammes. Une addition de poids égal d'eau porte la masse de pulpe arrosée à 60000 kilogrammes. La presse unique de deuxième peut donc suffire à ce travail et le faire aisément, car la pression est bien plus facile.

Les jus faibles sortant de la presse de deuxième ont une densité de 1015 en moyenne. Cette densité est loin de représenter du sucre : elle est due principalement aux sels et à des matières organiques différentes du sucre : il résulte de cette condition que les jus fournis par ce système doivent, toutes autres circonstances égales,

1° Atteindre une densité notablement supérieure à celle des jus *hydrauliques* pour contenir la même proportion de sucre;

2° Renfermer, en somme, une plus grande quantité de matières salines. C'est ce que l'analyse confirme.

Les analyses ont une valeur très-discutable malheureusement; il est nécessaire de le faire comprendre.

Nous mettrons de côté, pour simplifier, toute différence entre les betteraves soumises à l'une ou l'autre presse, hydraulique ou continue, toute différence entre les quantités d'eau versées à la râpe, et nous supposerons, en un mot, l'identité la plus complète entre la masse de pulpe amenée sous la presse hydraulique et sous une presse continue. Même dans ces conditions, rien n'est plus difficile que de faire une comparaison analytique sérieuse : la mobilité des éléments rendant cette comparaison presque impossible à cause de l'inégalité d'altération dans les deux cas. La pulpe des presses hydrauliques reste enfermée, peu exposée à l'air; celle des presses continues est dans un cas tout dissemblable.

Voici toutefois quelques nombres dont la signification me paraît très-digne d'attention et d'une exactitude très-voisine de la vérité :

Digitized by Google

Presse hydraulique.

1000 kilogrammes de betteraves ont donné 798 litres de jus (y compris la pression préparatoire). — Degré du jus 4°.21.

	kilogrammes.
Sucre par le saccharimètre (directement)	8.41
Sucre réducteur par inversion totale	10.03
Sucre normal correspondant	8.61
Sucre inverti	1.27
Argent réduit par 1 hectolitre	0.467

Presse Poizot.

1000 kilogrammes de betteraves ont donné 773 litres de jus (en première). Degré du jus 4°.14.

	kilogrammes.
Sucre par le saccharimètre	8.09
Sucre réducteur par inversion totale	10.18
Sucre normal correspondant	8.44
Sucre inverti	1.41
Argent réduit par 1 hectolitre	1.329

L'argent réduit est obtenu en traitant 25 centimètres cubes par quelques gouttes d'acide sulfurique pur, faisant bouillir et ajoutant un peu d'acétate d'argent; il se fait un dépôt mixte de chlorure et d'argent métallique : on le recueille, on lave, et on traite par l'acide azotique qui laisse le chlorure, etc. La dose d'argent réduit provient des acides hexénique et hexépique formés par l'oxygène et constituant la presque totalité des substances réductrices; c'est un moyen sûr de constater l'influence de l'air et de comparer la qualité des produits formés, dans les presses hydrauliques à l'abri de l'air, et dans les presses continues au contact de ce corps. On comprend que la plus parfaite des presses continues ne peut être débarrassée de ce grave défaut, qui est surtout nuisible dans les jus de seconde pression. Il me paraît donc nécessaire de recommander les presses hydrauliques et, en cas de seconde pression, l'imbibition des sacs dans de l'eau tiède, sans les ouvrir, et en faisant tout le possible pour diminuer l'influence de l'oxygène atmosphérique, ou de celui que l'eau peut contenir (1).

(1) Jusqu'à présent personne ne s'était occupé de l'oxygène, dont l'action a paru négligeable quant au sucre; c'est une erreur, et je la signale aux intéressés qui en comprendront tout l'intérêt.

Digitized by Google

739. On pourrait espérer de la presse Poizot, au premier coup d'œil, une économie notable de toile sur la dépense dans les presses hydrauliques; mais on n'est point encore parvenu à cet important résultat. Jusqu'aujourd'hui l'on doit compter, par 1000 kilogrammes de betteraves :

Dans les presses hydrauliques	0 fr. 30
Dans la presse Poizot	0 fr. 35

La différence n'est pas grande; mais elle est encore sensible.

Les compensations sont heureusement fort grandes :

1° La main d'œuvre est en grande partie supprimée.

2° Les jus sont plus purs. En effet, si les jus de seconde pression contiennent relativement plus de sels et introduisent ces corps dans les jus de première, au total on extrait aussi relativement plus de sucre, et le coefficient de pureté définitif est supérieur à celui des jus de presse hydraulique.

3° La dépense de force motrice est beaucoup moins grande. Elle revient, pour 100000 kilogrammes :

Dans les presses hydrauliques à	35 chevaux.
Dans la presse Poizot	33 —

Ajoutons que le caoutchouc des presseurs et des rouleaux F doit être remplacé :

Sur les presseurs,	toutes les deux campagnes.
Sur les rouleaux F,	toutes les trois —

Cette dépense atteint 300 francs pour les presseurs et 120 pour les rouleaux; soit, par campagne, à peu près 380 francs.

740. *Presse Manuel et Socin* (fig. 152). — Cette presse diffère de la précédente, et de toutes les autres, par l'emploi de pressions légères, successives et graduées; la pression y est continuellement divisée avant de repasser sous les cylindres jusqu'à complet épuisement.

La pulpe, amenée par une pompe (§ 704) dans la trémie A, tombe entre deux cylindres sur la toile sans fin, horizontale d'abord, B B',

Digitized by Google

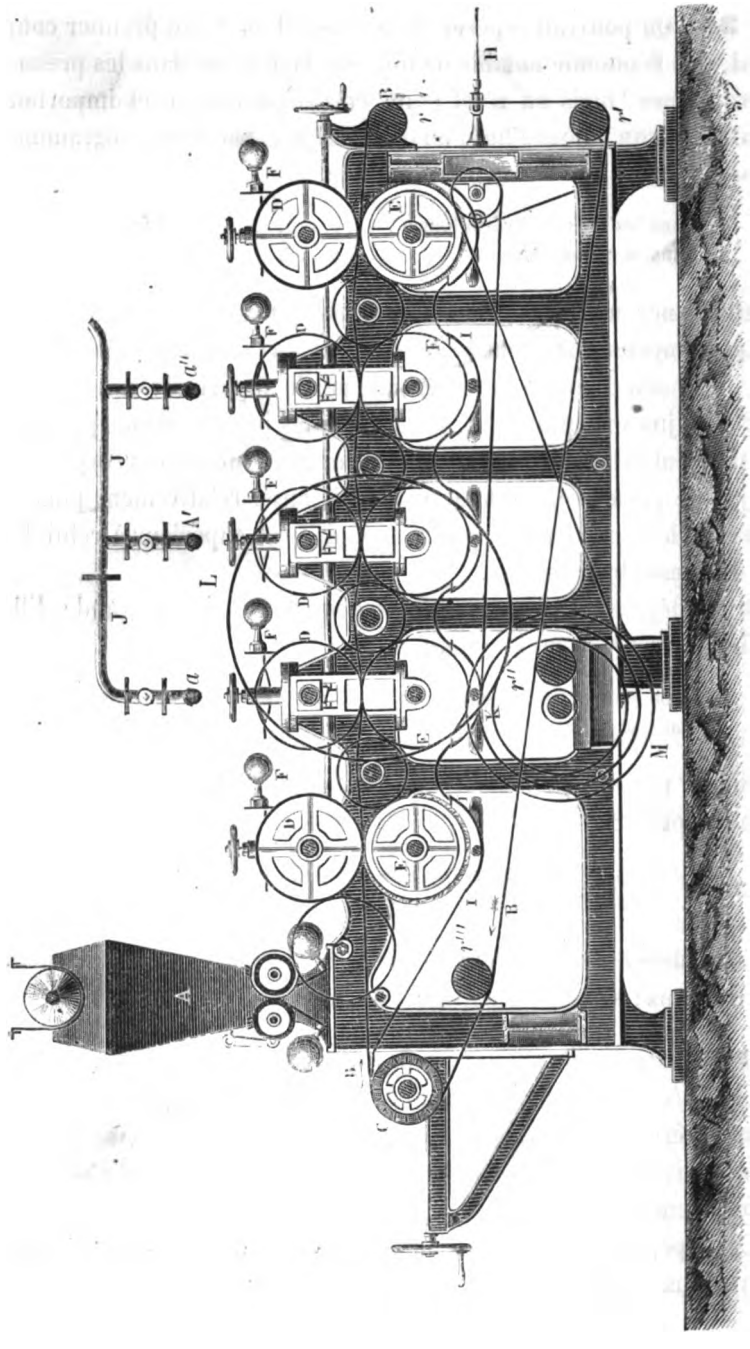


FIG. 152.

Digitized by Google

marchant dans le sens indiqué par des flèches, entraînée par elles entre les deux cylindres D et E, le premier à surface pleine, le second à surface perforée, elle subit une première pression et continue sa marche vers une deuxième, une troisième, une cinquième série de 2 cylindres pour subir une deuxième, une troisième, une cinquième pression qui est la dernière. Après chaque passage entre 2 cylindres, un couteau-racloir à contrepoids F oblige la pulpe adhérente à retomber sur la toile, où elle est arrosée d'une pluie fine, plus ou moins abondante, distribuée sous l'action régulatrice d'un robinet, par les trous nombreux d'un tube horizontal a ($A' a'$) communiquant avec un réservoir par la conduite J J. La pression de chaque couple de cylindres est déterminée par la tension des ressorts, placés dans la figure au niveau de F. Le jus exprimé par chaque couple tombe dans un auget I, d'où il sort par une tubulure percée à la partie inférieure pour tomber dans une rigole collectrice qui le conduit aux bacs de chaulage ou à l'appareil d'épuration.

La toile sans fin est tendue par le tendeur cylindrique C et les rouleaux $r\, r'\, r''\, r'''$; lorsqu'elle est arrivée dans le plan vertical $r\, r'$ elle entraîne toute la pulpe dont une partie resterait adhérente si deux baguettes H n'exécutaient un battage actif qui la détache complétement; cette pulpe tombée en avant de r' est enlevée, au fur et à mesure, et portée au magasin.

Tout le mouvement est donné par la commande KL et les engrenages dont l'axe est dans le même plan horizontal. Une poulie KM sur laquelle est une courroie croisée, donne aux batteuses toute la vitesse nécessaire.

La structure des cylindres EE, nécessite des conditions délicates; les auteurs et la maison Cail ont résolu presque toutes les difficultés et ont mis l'instrument au degré de perfection nécessaire.

Les auteurs affirment l'absence d' « un atome de pulpe folle » dans les jus fournis par leur presse. C'est peut-être aller loin. Je n'ai pas eu l'occasion de constater le fait; mais ce qui est vraisemblable, c'est la forte diminution de cette pulpe folle dans un jus préparé sous de faibles pressions.

Digitized by Google

741. Les autres presses dont je crois devoir parler se distinguent de la presse Poizot par l'absence de toute toile végétale ou animale. Les surfaces filtrantes sont métalliques.

Presse Collette.— La première de ces presses a été imaginée par Pecqueur, en 1836.

C'est encore une presse à cylindres horizontaux, en bronze, creusés de nombreuses cannelures et recouverts d'une tôle mince de cuivre percée de trous remplaçant la toile. Une pompe amène la pulpe sous les cylindres, au fond de la cage ovale dans laquelle ils sont enfermés hermétiquement : le mouvement de rotation des cylindres fait saisir la pulpe, dont le laminage exprime le jus au travers de la tôle de cuivre et des trous percés au fond des cannelures jusqu'à l'intérieur des cylindres.

Le système de pressage est semblable au système Poizot. L'auteur conseille deux pressions : la première, de la pulpe râpale; la seconde, de la pulpe fournie par la première à laquelle on ajoute les 25/100 d'eau, pour obtenir un jus faible dont on arrose les betteraves à la râpe, comme dans le système Poizot. Il est essentiel de remarquer que la première pression se fait en deux fois; une première fois, entre les cylindres de bronze dont nous avons parlé tout à l'heure; une seconde fois entre le cylindre de devant et un troisième cylindre en élévation pour achever le travail. Il résulte de cette disposition une dépense de force notable.

Les jus entraînent beaucoup de pulpe. Un tamiseur cylindrique en cuivre, à trous très-fins, est installé de manière à retenir la plus grande partie de cette pulpe pour la rejeter dans le bac sous la râpe.

L'auteur indique 50 000 kilogrammes de betteraves pour vingt-quatre heures; il garantit l'entretien à 20 francs par presse et par an.

742. *Presse Champonnois.* — Les cylindres de cette presse (fig. 153) ne sont plus horizontaux : ils sont inclinés à 45 degrés; leur longueur ne dépasse pas 0^{m}.60; leur diamètre, 0^{m}.40; surface, 75 décimètres carrés. La pulpe est amenée par une pompe dans une auge en fonte où les cylindres sont noyés aux deux tiers : elle arrive au centre de l'auge G et rencontre un diaphragme H sous lequel son

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig 2. Coupes longitudinales
1° Par un cylindre presseur
2° Par l'axe de la cuve.

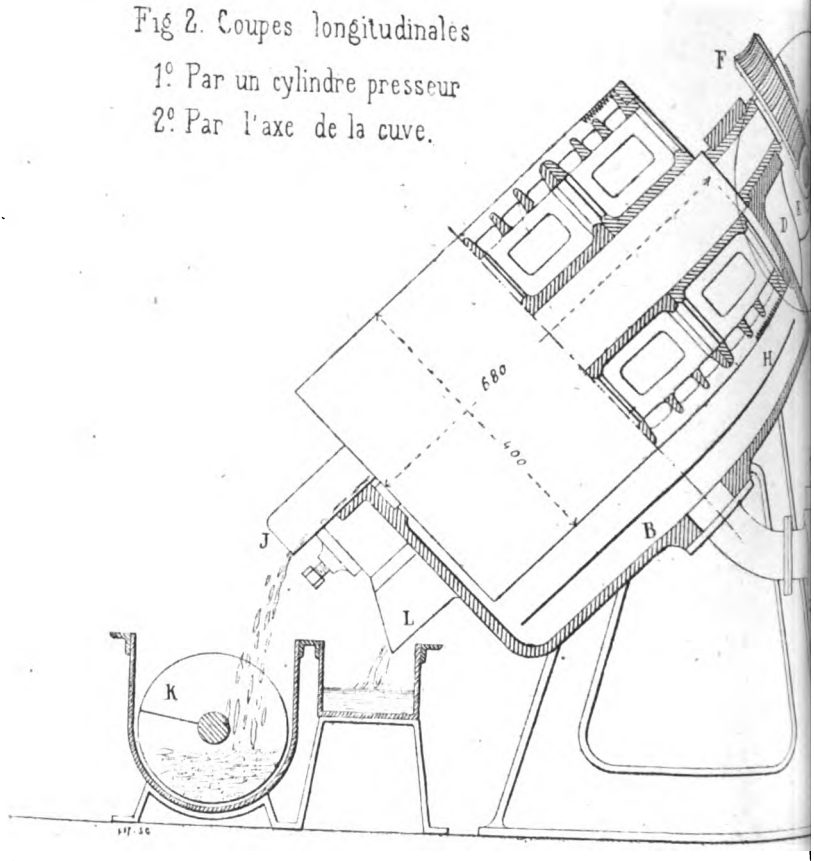


Fig. 3 Appareil de nett

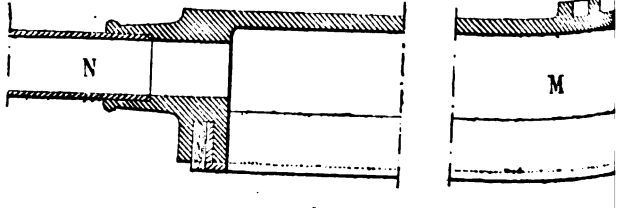
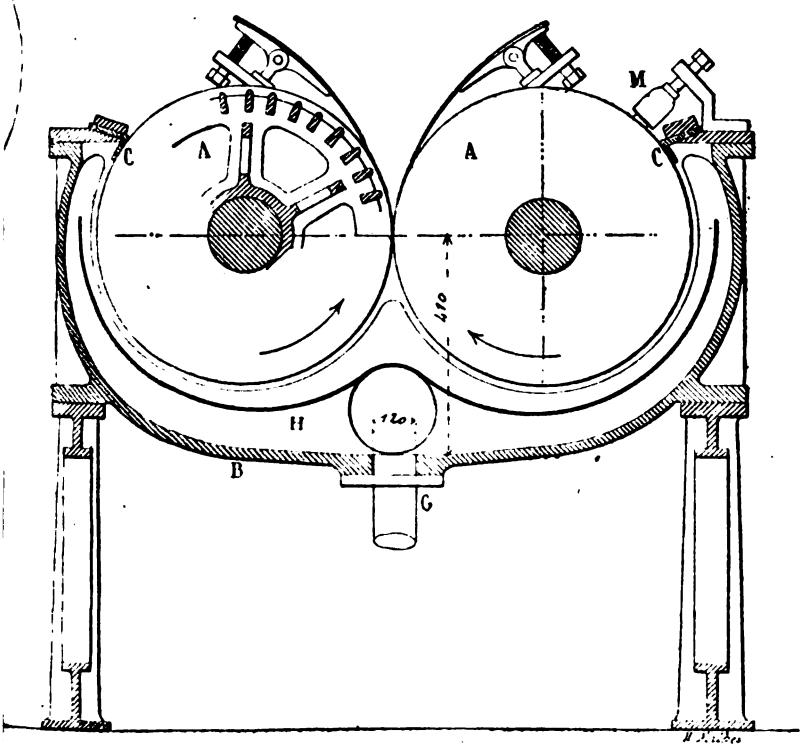


FIG. 153. — *Presse Ch*

Digitized by Google

Fig. 1. Coupe transversale.



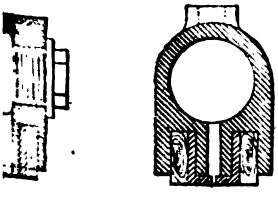


Fig. 4

— N° 742, page 172.

Digitized by Google

Digitized by Google

mouvement devient latéral et ne la conduit pas directement entre les cylindres. Elle passe auparavant en contact avec une partie de leur surface où la filtration commence son essorage, et c'est quand elle a pris un peu de feutrage, destiné à ne pas laisser échapper autant de pulpe folle, qu'elle parvient aux génératrices de laminage où elle achève de recevoir la pression. Les bords de l'auge, espèces de gouttières renversées, métalliques, ne sauraient toucher la surface filtrante des cylindres sans gêner leur mouvement ou les détériorer : on parvient à obtenir une adhérence complète, nécessaire au maintien de la pression de la pulpe contre les cylindres, en fixant sous les bords métalliques une bande de cuir, une sorte de cuir embouti, C, rabattu de quelques centimètres sur les cylindres et fonctionnant sans difficulté sérieuse. Le jus filtre au travers de la paroi des cylindres qui sont creux; cette paroi métallique a une structure caractéristique : 48 génératrices sont occupées par des barrettes métalliques plates et offrant un de leurs petits côtés, taillé en couteau rond, l'arête perpendiculaire à la génératrice. Cette sorte de cage, très-solidement maintenue par des pièces dont la description n'est pas nécessaire, est creusée en spirale, de petites cavités triangulaires, dans lesquelles est enroulé un fil de même forme et de même métal, ayant les bords voisins de deux spires écartés seulement de un dixième de millimètre environ. Ce sont les lumières ainsi réservées entre les spires, ou tours, du fil métallique qui constituent la surface filtrante. La substitution d'un fil neuf à un fil cassé ne présente pas de difficulté : cette substitution est rarement nécessaire, grâce aux précautions prises pour éviter dans la pulpe les corps durs capables de fausser la surface et de briser le fil (la pulpe est soigneusement tamisée au tamiseur avant son entrée dans la pompe). Pendant le travail, et sans l'arrêter, on nettoie au besoin les lumières avec une lame d'acier mince : on l'introduit à une extrémité, on la maintient, et le mouvement de rotation la fait passer naturellement jusqu'à l'autre extrémité, en nettoyant toute la lumière.

La première pression est donnée à la pulpe râpale : on recueille le produit de deux presses de première ; on l'arrose de une fois ou

Digitized by Google

une fois et demie son poids d'eau, et on le passe dans la presse unique de deuxième, comme dans les systèmes précédents. Le mélange avec l'eau est favorisé par l'emploi d'un malaxeur à hélice : le jus faible est envoyé sur la râpe au lieu d'eau pure.

743. *Presse Lebée.* — Elle a une certaine analogie avec la presse Champonnois pour la première pression : elle en diffère par la réunion des deux presses de 1re et 2e en une seule machine (fig. 154). La surface filtrante est encore une surface métallique, composée de barrettes larges de $2^{mm},4$, assemblées par des gouttes de soudure à l'étain, à une distance de 1/10 de millimètre, sur toute la surface du cylindre.

Deux de ces cylindres, A,A', sont juxtaposés horizontalement, les axes à la même hauteur, dans une cuve commune B, où la pulpe est foulée par une pompe dont les tuyaux C, surmontés de tubulures, l'amènent à la hauteur des axes, de manière à lui faire parcourir un demi-contour de cylindre, avant d'arriver à la génératrice de contact où se produit la pression maximum. C'est à bien peu près comme dans la presse Champonnois.

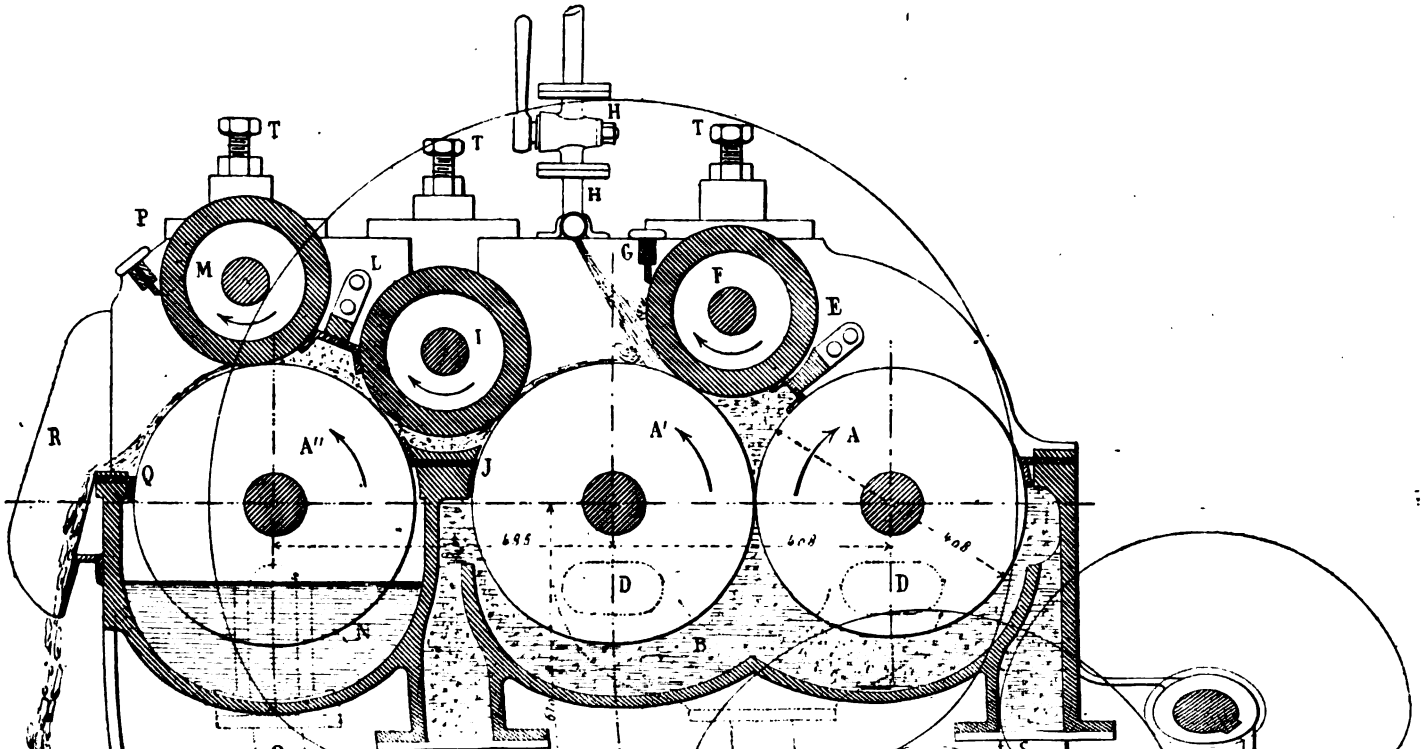
La pulpe, après cette première, est contenue sous un cylindre plein F, revêtu de caoutchouc par un obturateur E; le mouvement de F lui fait subir une *fin de première*, et au moment où elle se dégage du contact A',F, elle est arrosée d'eau pure distribuée par un tube dont le robinet H est sous la main de l'ouvrier. Un très-court trajet (c'est là ce qui caractérise la presse Lebée) amène le commencement de deuxième pression entre A' et I, puis entre I (cylindre semblable à F) et K, troisième cylindre filtrant semblable à A et A', et placé comme eux à la même hauteur dans un compartiment de la même cuve, N. La pulpe, maintenue sous le cylindre I par l'obturateur J, et comprimée entre I et A'', ne peut encore se dégager : elle est enfermée dans un dernier espace entre I et M (troisième cylindre semblable à F et I) par un obturateur L, et c'est après l'action de M sur K, qu'elle sort enfin complétement pressée en deuxième pour tomber dans l'auge à pulpe S, etc.

L'entraînement est évité en première par la bande de cuir hori-

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig 1



Digitized by Google

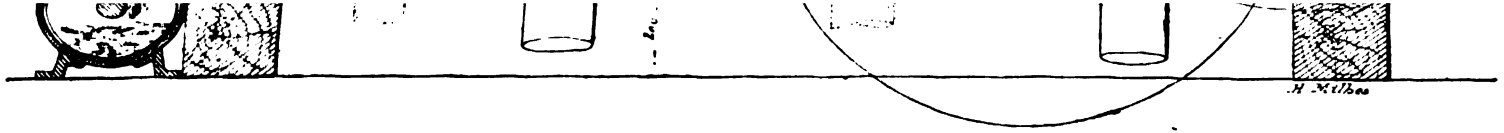
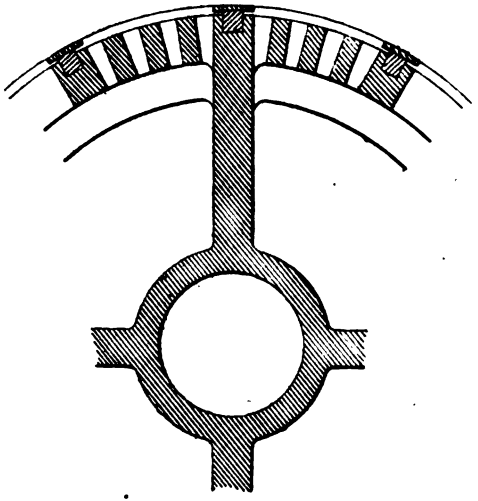


Fig 2
Cylindre filtrant



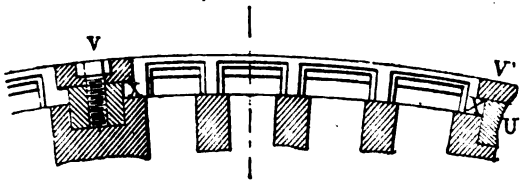


Fig 3.
Vue et section des barrettes

Fig 4.

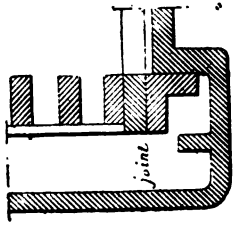


FIG. 154. — *Presse Lebée.* — N° 743, page 174.

Digitized by Google

Digitized by Google

zontale G, qui nettoie exactement le cylindre F; il est évité de même en deuxième par une autre bande P, qui nettoie le dernier cylindre plein M. Le jus de première s'échappe par les ouvertures D du tuyau D.

Le jus faible formé sous A'' reste toujours à 10 centimètres en contre-bas de l'axe du cylindre, hauteur à laquelle est fixé le tube de trop plein O, qui le conduit à la râpe. On emploie 25/100 d'eau versés par le robinet H.

La presse est mise en mouvement par une transmission du moteur principal de la fabrique actionnant un arbre, dont le pignon commande la grande roue calée sur l'arbre du cylindre filtrant A'. Un pignon de cet arbre engrène un pignon semblable de A, qui commande le cylindre caoutchouqué F. Un autre pignon de A' fait marcher le deuxième cylindre à caoutchouc I, qui commande A'' et M. Le sens des mouvements est indiqué par les flèches.

744. Il est très-difficile d'apprécier le mérite réel de ces divers systèmes. Au point de vue mécanique, elles arrivent à peu près toutes au même résultat : production de 22 à 24/100 de pulpe ne contenant pas plus de 40/100 d'eau quand elles sont surveillées avec soin et bien entretenues. Au point de vue chimique, elles n'exigent pas des quantités d'eau ou de jus faible sensiblement différentes, et fournissent par conséquent des jus de qualité vraiment égale avec les mêmes betteraves. C'est ce qui résulte de la comparaison des jus, forts ou faibles, et des pulpes obtenues en bonne marche.

745. Le rendement de la *pressine* en jus, dans les presses, varie par beaucoup de causes :

1° Finesse de la pulpe. — Nous avons déjà fait remarquer les variations de cette finesse.

Les variations se montrent d'elles-mêmes en quelque sorte dans les râpes à poussoirs ou plutôt à denture externe; les parties les plus grosses tombent dans l'auge; les plus fines se jettent à l'extrémité. On peut les traiter séparément et, toutes conditions égales d'ailleurs, les plus fines donnent plus de jus que les grosses (3 centièmes d'après Walkhoff).

Digitized by Google

2° Le rendement varierait, d'après plusieurs personnes, du commencement à la fin de la pression, et ce serait par le changement de densité.

Il y a en effet une différence; mais c'est l'effet d'une apparence trompeuse. Le premier jus entraîne à peu près tout l'air dont la pulpe était imprégnée (§ 699). Il le conserve en bulles assez longtemps pour donner une densité plus faible quand le densimètre y est plongé de suite; mais un repos de une ou deux heures, une légère action de la chaleur, suivie d'un retour à la température ordinaire, suffisent à dégager cet air, et à montrer combien les variations de densité sont faibles, même jusqu'à devenir nulles, d'un bout à l'autre de la pression.

3° L'état de la pulpe a une influence notable; elle est plus ou moins visqueuse, plus ou moins capable de retenir le jus malgré la pression. Dans la pratique ordinaire, on n'a jamais tenu compte des différences produites par cette viscosité. Cependant elles ne peuvent être nulles. On s'en apercevra, je crois, le jour où mon procédé de conservation des jus entrera dans la pratique; l'utilité d'un râpage presque immédiat de betteraves saines et riches en sucre, et de la rapidité du pressage sera bien établie; le rendement beaucoup plus fort en sucre cristallisé paraîtra certainement un des nombreux avantages de ce procédé trop méconnu.

4° L'addition de l'eau ou du jus faible, à la râpe, est une des causes les plus actives. On joue malheureusement avec elle, je crois pouvoir le dire. On ajoute aujourd'hui presque généralement 25/100 d'eau; et non-seulement personne n'est fortement touché de cette addition fâcheuse, devenue aujourd'hui une nécessité légendaire, mais les hommes les plus intelligents, les fabricants les plus instruits la préconisent avec conviction. Il y a pourtant de l'exagération dans cette pensée, comme on va le voir :

Dans une betterave à 95 de jus, dont 10 de sucre, nous trouvons par le meilleur travail 20 de pulpe, c'est-à-dire 5 de résidu et 15 de jus. — La densité de ce jus est 1050. Lorsque nous ajoutons 25 d'eau pour deuxième pression, ces 25 d'eau se mêlent avec les 15 de jus et nous avons :

Digitized by Google

1re pulpe..	5 résidu, ou.....	5 résidu.
	15 jus à 1050.....	40 jus étendu à 1019.
	25 eau à 1000.....	
2e pulpe..	45	45

Nous tirons de ces 45 par deuxième pression 25 jus à 1019 soit $25 \times 52 = 1300$ grammes de sucre. Si au lieu d'ajouter 25 d'eau nous nous bornions à 10 nous aurions :

1re pulpe..	5 résidu, ou.....	5 résidu.
	15 jus à 1050.....	25 jus étendu à 1030.
	10 eau.....	
2e pulpe..	30	30

On tirerait de ces 30 par deuxième pression 10 jus à 1030, soit $10 \times 82.6 = 826$ grammes de sucre. — Nous perdrions un peu de sucre, $1300 - 826 = 474$ sucre perdu.

La valeur de ce sucre en jus de betteraves est au plus celle de 4kil.740 jus. — En comptant les betteraves à 20 francs les 1000 kilogrammes et le jus à 25 francs, notre sucre perdu représente 11,85 centimes, moins de 12 centimes. — Mais pour sauver ce sucre nous nous condamnons à dépenser *presque sa valeur*.

En effet, ce sucre dilué à 52 grammes par litre représentant 9lit.1 ou 9ku.282, il faudra donc évaporer 9 kilogrammes d'eau, à bien peu près, c'est-à-dire brûler 1kil.5 charbon à 30 francs, soit 4, 5 centimes. Avec les frais de tout genre, entraînés par l'augmentation du volume des jus, on arrive aisément au double, c'est-à-dire 9 centimes et la dépense est presque égale. — Elle reste inférieure; c'est là ce qui semble justifier la pratique admise. Mais j'ai présenté ce calcul avec l'impartialité la plus complète, et il reste à ajouter un élément de la question, celui-là même dont on se préoccupe le moins, c'est la perte de sucre *inévitable* par deux raisons; d'abord par l'influence de l'eau dont j'ai expliqué la nocuité (§ 27) et ensuite par l'influence de l'air dissout dans cette eau, soit à l'avance dans la rivière, ou le puits, où elle est pompée, soit plus tard, au moment où on la distribue sur la presse ou la râpe, dans les conditions les mieux choisies pour faire absorber l'air. C'est, bien entendu, l'ac-

Digitized by Google

tion de l'oxygène qui est redoutable, comme je l'ai montré (§ 52). Il y a là une cause sérieuse non-seulement de perte du sucre par inversion, mais une formation d'acides et une augmentation de mélasse dont on n'est pas assez préoccupé. — On perd au moins autant par ces causes qu'on peut gagner dans l'emploi de l'eau.

Plusieurs personnes ont attribué à cet emploi l'avantage d'épuiser la pulpe en l'*osmosant*. Mais d'une part le temps manque presque toujours à une osmose notable, surtout entre deux liquides aussi peu différents de nature et de densité que ceux des cavités cellulaires non déchirées et des cavités ouvertes. Ce n'est pas de l'eau pure qui produirait l'osmose, c'est un jus réduit de 1050 à 1020, et d'ailleurs l'osmose ayant lieu seulement avec les parties cellulaires les plus riches en sels, son résultat serait nuisible : c'est, je crois, une illusion pure d'attribuer à cette osmose, si elle a lieu, l'avantage le moins prononcé.

5° Le bon état des sacs exerce une influence marquée : il arrive assez fréquemment de voir leur surface mucilagineuse; rien de plus facile à comprendre par ce que nous dirons plus loin (*conservation des jus*); tous les sacs abandonnés à eux-mêmes avec du jus des presses, ou du jus plus étendu, comme celui qui reste après un lavage insuffisant, ne tardent pas à produire, par la pulpe elle-même, du mucilage plus ou moins visqueux. L'emploi de ces sacs est mauvais; ils résistent à la pression et se déchirent; ils donnent au jus nouveau des éléments d'altération très-actifs, leur maniement cause de grandes pertes, ils graissent les feuillards et tout s'échappe des mains de l'ouvrier. La pulpe dont la pression n'est pas prolongée donne moins de jus. On le voit bien en l'examinant à l'ouverture des sacs; mais il n'est plus temps d'y revenir.

Dans un travail régulier les sacs ne servent pas plus de douze heures. Chaque poste prend le service avec des sacs nouveaux. — Ce n'est pas seulement une question d'ordre; il est nécessaire de laisser à chacun sa responsabilité. Tout se réunit pour obliger à laver les sacs au moins deux fois par jour. Il y a des cas où le renouvellement doit être plus fréquent, toutes les six heures par exemple ; les betteraves avariées demandent cette dépense; leur jus est visqueux

Digitized by Google

et c'est une économie raisonnée de changer les sacs le plus souvent possible. — Pour le lavage, voir § 736.

Un assez grand nombre de fabricants ont même essayé d'éviter les frais de démontage des sacs pour humecter la pulpe, en plongeant tout dans l'eau pendant trois ou quatre minutes. On a cru produire ainsi une absorption suffisante.

D'après Walkhoff, en une minute, elle est de 7 à 8/100 de la betterave, et en trois minutes, elle est de 14 à 18/100.

Si cette absorption était régulière et donnait une pulpe homogène, ce genre de travail aurait un avantage économique réel; mais il n'en est pas ainsi : l'ouverture des sacs, après l'immersion de quatre minutes, montre une pulpe gluante près des bords et des parties entièrement sèches au centre. On comprend ce qu'une pareille masse donne à la pression : un jus très-peu riche fourni par le 1/4 ou le 1/5 de la masse pressée, une eau de trempage où il existe bientôt assez de sucre pour qu'il soit nécessaire de ne pas le perdre (D = 1015), ce qu'on essaye en envoyant cette eau à la râpe, ou, après addition de chaux, aux chaudières de carbonatation; mais ce qui ne réussit guère, parce que toute addition d'eau dans les jus, il faut le dire et le répéter sans cesse, toute addition d'eau produit de mauvais résultats. — Les personnes les plus modérées accordent une perte de 1.5 à 2/100 de sucre; mais ce chiffre est certainement trop faible dans un grand nombre de cas.

746. La pulpe de betterave épuisée par les presses est un aliment pour les bestiaux. La valeur de cet aliment, fort contestée dans les premiers temps, est aujourd'hui l'objet d'une faveur assez grande pour décider tous les cultivateurs à faire de la betterave et en avoir la pulpe. Plusieurs mêmes sont devenus fabricants accessoirement en quelque sorte. Produire eux-mêmes la pulpe était leur but principal, au moins dès l'origine.

Un rapport adressé au parlement anglais en 1864 contient les analyses suivantes :

Digitized by Google

	PULPE PRODUITE			
	par une faible pression.		par une forte pression.	
	Humide.	Sèche à 100°.	Humide.	Sèche à 200°.
Sucre.....	5.050	30.305	4.945	19.113
Cellulose.....	6.444	38.670	11.922	46.084
Pectose.....	3.312	19.878	6.487	25.075
Albumine.....	0.652	3.915	1.336	5.167
Sels (cendres)...	1.205	7.232	1.180	4.561
Eau.....	83.353	»	74.130	»
	100.000	100.000	100.000	100.000

D'un autre côté, Vivien a donné les analyses :

	POUR UNE PRESSE PRÉPARATOIRE				
	Nombre des presses hydrauliques (piston de 0m,300).				
	Trois.	Quatre.	Cinq.	Six.	
Sucre.....	6.60	4.50	4.10	3.60	
Mat. organiques.	12.12	19.00	21.04	22.79	Az = 0.195 à 0.200
Sels (cendres)...	1.98	2.00	2.40	2.21	
Eau.....	79.30	74.50	72.46	71.40	
	100.00	100.00	100.00	100.00	

En réunissant comme éléments nutritifs le sucre, la pectose et l'albumine, il reste après la plus forte pression :

Analyse anglaise.....	12.768
— Vivien.....	14.39

Beaucoup d'autres analyses du même genre donnent des résultats semblables. J'ai trouvé 12.92 comme moyenne de 7 analyses, en 1866.

747. Les bestiaux, peu friands de la pulpe naturelle, surtout quand l'odeur est tant soit peu ammoniacale, recherchent avec avidité celle dont un commencement de fermentation a rendu l'odeur alcoolique et un peu acide ou aigrelette. Mais cette dernière ne saurait être employée seule : on obtient de beaucoup meilleurs résultats en mêlant plusieurs substances, grains et fourrages avec des proportions de pulpe variables suivant le but de l'alimentation.

Digitized by Google

748. On conserve la pulpe dans des fosses ou silos, tantôt maçonnés, tantôt simplement revêtus d'argile, où on l'entasse fortement. Quelques fabricants utilisent les silos à betteraves; la pulpe est élevée au-dessus du sol et on la recouvre de paille, de planches, de terre, etc. Il n'est pas bon de faire dépasser le niveau du sol : toute la partie aérienne est exposée à pourrir et à donner mauvais goût à la partie souterraine. On a de l'avantage à mêler la pulpe avec une certaine quantité de fourrages secs, avec de la paille hachée dont les bestiaux ne sont pas avides parce qu'elle est sèche, mais dont ils le deviennent quand elle est imprégnée des liquides fermentés de la pulpe.

749. On n'extrait pas le jus des pulpes uniquement par la pression. La force centrifuge a été mise aussi en usage. Les turbines dont nous parlerons plus loin (*Turbinage*) ont prouvé par une longue série d'épreuves la grande utilité de leur action pour séparer le *grain* d'avec la mélasse, et après avoir négligé pendant longtemps de recourir à leur service, conseillé pourtant et employé dans une fabrique d'Allemagne, on se résolut enfin à les appliquer aux extractions de jus où elles paraissent offrir de sérieux avantages. Le principal est de ne plus exiger de sacs, de pouvoir exposer la pulpe à des contacts exclusivement métalliques dont le lavage est plus facile et peut être parfait.

On donne aux turbines à jus des dimensions plus grandes que celles des turbines à sucre; c'est la seule différence, il n'y en a pas dans le principe ni dans le fonctionnement.

L'une des meilleures, aux yeux des Allemands, est la turbine représentée figure 155.

Son axe AA′ est entièrement libre en A′; il est fixé à son extrémité tout à fait inférieure au-dessous de A et guidé en I par une étoile à six rayons de fer GG, G′G′, dont les bouts extérieurs sont logés dans six tampons de caoutchouc CC′ (fig. 156) retenus par des rondelles métalliques et des écrous. Il résulte de cette disposition une grande facilité de rotation sans secousses : l'axe, entraîné vers la droite par une inégale distribution de la pulpe dans le tambour TT′, enfonce les

Digitized by Google

tiges GG′ dans les trous du support HH′ ; celles de gauche suivent le mouvement en rentrant de gauche à droite ; mais leur vitesse est doucement amortie par l'élasticité de leurs caoutchoucs, venus s'appuyer sur les bords extérieurs de leurs trous. Le gauchissement est annulé d'un autre côté par les charnières 1, 2, dont l'assemblage constitue un ressort circulaire très-délicat. L'axe AA′ reçoit le mouvement d'une poulie PP′ par une courroie croisée sur une large poulie RR′

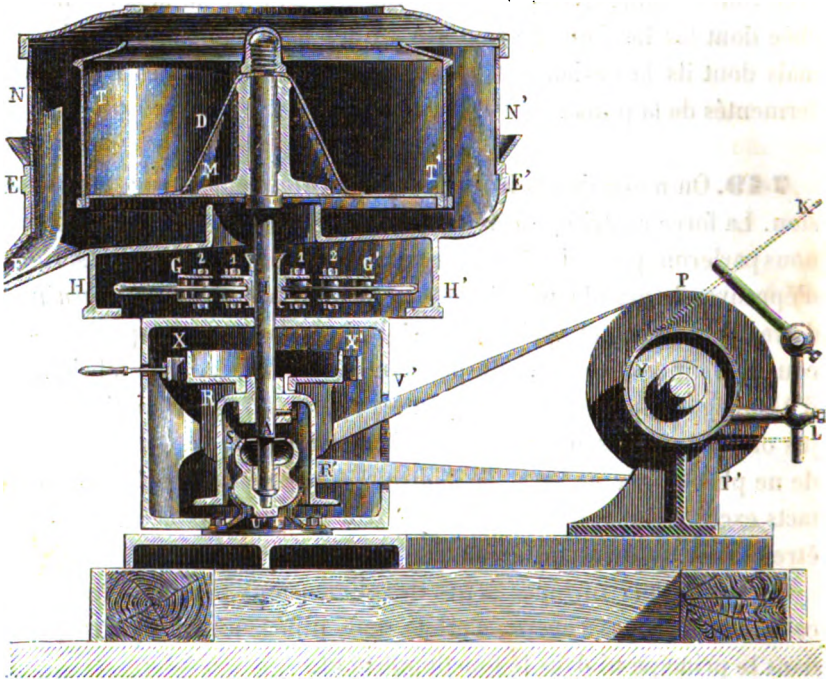


Fig. 155.

fortement calée au-dessus de A ; sa partie inférieure tourne dans une crapaudine S en alliage de zinc, étain et antimoine, arrondie en ellipsoïde ; à sa base, logée dans une capsule de même forme UU′ solidement fixée à la base du support VV′, sont placées des coupes métalliques XX′, réservoirs d'huile pour le graissage. On emplit ces réservoirs par des échancrures pratiquées dans le support. Tout ce système peut donner au tambour une vitesse de 1200 à 1500 tours

Digitized by Google

sans produire de trépidation. Il peut être établi sur un plancher et tourner sans ébranlement avec fort peu de bruit. Le tambour est fixé sur son axe par un manchon M, utile en même temps pour maintenir le cône D. Un écrou vissé en A, au-dessus de ce cône, achève

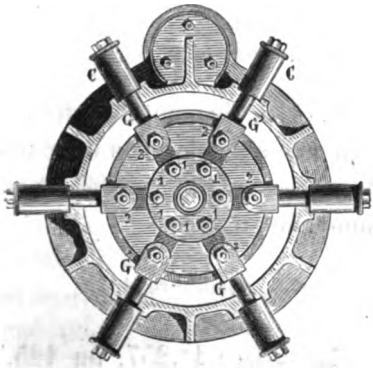


Fig. 156.

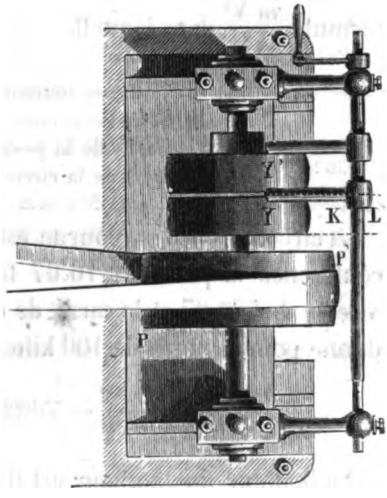


Fig. 157.

de donner toute la solidité nécessaire. Le jus, projeté au dehors du tambour, frappe les parois d'un *manteau* NN' boulonné sur la cuvette annulaire en fonte EE', établie sur les bords supérieurs du support HH' (on le pose et dépose en le tenant par les poignées NN'). Le mouvement de la poulie PP' est donné par une transmission KL (fig. 157) agissant sur les poulies YY' calées sur le même arbre. On l'arrête en faisant passer la courroie KL de la poulie fixe V sur la poulie folle Y' et tirant par la poignée Z un frein ajusté sur XX'.

Cette turbine très-employée en Allemagne n'a pas eu, si je suis bien informé, de succès en France,— où les turbines à pulpe sont considérées comme très-inférieures aux presses, — ce qui est vrai, de l'avis même des Allemands.

730. D'abord l'effet de la force centrifuge sur la pulpe n'a jamais été très-grand.

Digitized by Google

On donne aux turbines 1 mètre de diamètre à la face intérieure du tambour et on leur imprime une vitesse moyenne de 1000 tours en une minute, soit 16.67 tours en une seconde.

La force centrifuge produite suivant le rayon est donnée par la formule $\frac{m\,V^2}{g\,R}$ dans laquelle

m est la masse tournante ou poids de la pulpe;
v la vitesse exprimée en mètres, par seconde;
g l'intensité de la pesanteur $= 9^m,8088$;
R le rayon de la circonférence parcourue $= 0^m.5$.

La circonférence parcourue est de $3^m.1416$. Un point de cette circonférence la parcourt 16.67 fois en une seconde; il a donc une vitesse de $52^m.37$ et le carré de cette vitesse est $2742^m.6169$, ce qui donne pour le poids de 100 kilogrammes de pulpe :

$$\frac{100 \times 2742^m.62}{9.8088 \times 0^m.5} = 55922 \text{ kilogrammes, nombre rond.}$$

La hauteur du tambour est $0^m.40$; sa surface $1^m.257$, ou 125.7 décimètres carrés.

La pression sur chaque décimètre carré ne dépasse donc pas

$$\frac{55.922}{125.7} = 444.88 \text{ kilogrammes.}$$

Nous avons vu que les presses hydrauliques donnent couramment une pression 10 fois plus forte, 2800 kilogrammes (§ 714). — Et il ne faut pas oublier que la pression centrifuge diminue rapidement avec le rayon de la circonférence parcourue. Lorsqu'on traite 100 kilogrammes de pulpe dans le tambour de $1^m.257$ de surface, l'épaisseur de la pulpe en commençant est près de 8 centimètres (7.96). Un point de la face intérieure parcourt donc une circonférence $= 3.1416 \times 0.84 = 2^m.639$ au lieu de $3^m.1416$. — $2^m.639 \times 16.67 = 43^m.992$ dont le carré $= 1935.3$. La force n'est donc pas plus de

$$\frac{100 \times 1935.3}{9.8088 \times 0.42} = 46.977 \text{ kilogrammes.}$$

Elle est beaucoup moindre, car la masse des 100 kilogrammes ne

Digitized by Google

peut être considérée comme exerçant toute son action sur cette circonférence intérieure. — Il faudrait la traiter dans un tambour de ce diamètre $0^m.84$ pour pouvoir lui attribuer cette force. — J'ai voulu surtout montrer, par un exemple, l'énorme différence produite par une assez faible diminution du diamètre; nous en aurons besoin plus tard, et il vaut mieux ne pas recommencer ce calcul.

On le voit aisément, la pression moyenne est très-inférieure à $\frac{5.922 \times 46977}{2} = 51450$ sur toute la surface du tambour et par conséquent à $403^{kil}.91$ sur chaque décimètre carré. Elle n'est pas de 400 kilogrammes. En outre elle diminue de plus en plus à mesure que les 100 kilogrammes de pulpe se réduisent, et s'ils deviennent 35 kilogrammes, la force de pression tombe à 140 kilogrammes tout au plus.

Il faut s'attendre, d'après ces considérations, à une faible production de jus par la première action des turbines, l'action directe et immédiate; c'est ce qui a lieu, comme le montrent les expériences suivantes :

Walkhoff a trouvé :

1° *Jus produit pendant :*

Minutes.	Centièmes.	Augmentation.
1	40.45	»
2	48.95	8.5
3	54.15	5.2
4	56.90	2.75
5	59.00	2.1
10	64.70	5.7
14	65.00	0.3

2° *Avec des charges variables (temps inégaux) :*

Charge.	Durée. Minutes.	Jus.	Pulpe.	
50	4	66.7	33.3	(moy. de 3 expér.).
75	6	65.3	34.7	—
100	8	63.35	36.65	—
125	10	65.2	34.8	—
150	12	63.22	36.78	—
175	14	62.0	38.0	—

Digitized by Google

3° *Charges variables* (*temps égaux*, 5 *minutes*) :

Charge.	Durée. Minutes.	Jus.	Pulpe.	
50	5	64.5	35.5	(moy. de 3 expér.).
75	5	67.4	32.6	—
100	5	65.0	35.0	—
125	5	62.4	37.6	—
150	5	57.0	43.0	—
175	5	55.7	44.3	—

Zlienkoff a étudié l'effet des vitesses ; il a trouvé :

	Pulpe.	Minutes.	Jus.	
A 1000 tours...	100 kil.	5	59	(diamètre < 1.00).
1200.....	100	5	61.7	

Une augmentation de vitesse de 20/100 ne donne donc pas une augmentation de rendement sensible, on a 2.7/100, ce qui est négligeable.

Ainsi l'action des turbines réduite à elle-même ne pourrait lutter avec celle des presses hydrauliques ou continues.

751. Mais on peut, dans les turbines, employer facilement une action complémentaire, celle de l'eau, comme dans les presses continues (elle est presque impossible, nous l'avons vu, dans les presses hydrauliques).

Zlienkoff a étudié cette action complémentaire sur 100 kilogrammes :

1° En ajoutant 45/100 d'eau après cinq minutes, — et déterminant au densimètre la quantité d'eau mêlée au jus dans le liquide turbiné, à partir de cet instant, il a obtenu :

De 0 à 5 minutes....	58.5 jus.		
5 à 10.....	27.6 jus mêlé avec..	25.25	eau.
10 à 15.....	1.35 — ..	3.75	—
Soit en 15 minutes..	87.45	29.00	

Les 116.45 de jus étendu laissent donc 28,55 de pulpe contenant 16 d'eau.

Digitized by Google

2° Avec des quantités d'eau de plus en plus grandes dans un jus de D = 1058.

Poids de pulpe.	Eau ajoutée.	Jus obtenu. D = 1058.	Densité réelle.	Eau en mélange.	Eau dans la dernière pulpe.
100	40	82.5	1057	32.5	7.5
100	50	89	1055	39	21
100	60	89.5	1055	40	20
100	70	90	1053	46.5	23.5
100	80	90.5	1051	53.5	26.5

Walkhoff a fait d'autres expériences.

3° En continuant l'action de la turbine jusqu'à cessation.

Poids de pulpe.	Eau ajoutée.	Jus obtenu. D = 1058.	
150	30	69.42	(moyenne de plusieurs expériences).
150	40	68.40	—
150	50	69.10	—

La couche de pulpe étant très-épaisse, il a examiné la couche extérieure et la couche intérieure, ce qui donne :

	COUCHE EXTÉRIEURE.		COUCHE INTÉRIEURE.	
	Balling.	Sucre.	Balling.	Sucre.
A 30 d'eau	4.6	3.12	3.5	2.0
40	3.2	1.94	3.1	1.74
50	2.8	1.71	2.8	1.46

En même temps, il a comparé le haut et le bas de la masse de pulpe sur toute l'épaisseur, ce qui donne :

	Couche supérieure. Sucre.	Couche inférieure. Sucre.
1re expérience.....	1.42	1.16
2e —	1.71	1.42
3e —	2.79	1.42
4e —	1.16	1.14
Moyenne	1.645	1.285

4° En ajoutant une même quantité d'eau, 50 litres à des charges diverses et continuant jusqu'à cessation.

Digitized by Google

Poids de pulpe.	Durée du turbinage. Minutes.	Poids de la 2e pulpe.	Composition du jus de cette 2e pulpe.	
			Balling.	Sucre.
50	16	29.3	4.17	2.76
75	18	32.8	3.33	2.11
100	28	28.8	3.83	2.6
125	33	33.0	3.57	2.2
150	36	30.4	3.43	1.97
175	40	33.0	2.7	1.69

De ces expériences il résulte :

A. L'action de l'eau est promptement à son terme. Dans les essais (1°) on a extrait 27.6 de jus et ensuite dans le même temps 1.35. — Dans ceux (2°) l'emploi de 60 d'eau, au lieu de 40, donne 6.5 ou 7 de jus en plus, et cette faible augmentation ne change pas avec 70 ou même 80 d'eau. Dans les essais (3°) surtout, le rendement est presque toujours identique avec 30 ou avec 40 et 50 d'eau. — Ainsi ce n'est pas une grande quantité d'eau, c'est une distribution lente qui est avantageuse.

B. L'action de l'eau paraît être en raison de l'épaisseur de la couche de pulpe, comme on peut le prévoir. Les essais (4°) le démontrent, puisque le poids de deuxième pulpe est le même et le poids du sucre contenu dans cette pulpe réduit de 2.76 à 1.69.

C. La couche de pulpe intérieure est toujours plus épuisée que la couche extérieure, — la couche d'en haut plus que celle d'en bas; — les deux faits sont évidents d'après (3°).

782. On distribue l'eau dans les turbines au moyen d'un tube percé de trous ou d'une fente étroite, produisant une nappe liquide verticale; on va parfois jusqu'à donner à ce tube un mouvement vertical alternatif. L'eau doit être projetée suivant le rayon ou un peu obliquement dans le sens contraire de la rotation, mais très-peu pour ne pas s'exposer à des projections coûteuses et gênantes. Ce sont là des inconvénients de nature à bien expliquer la préférence conservée aux presses dans toutes les fabriques de France.

783. En Allemagne la quantité d'eau versée dans les turbines, directement, ou partie dans les turbines partie sur la râpe, va jus-

Digitized by Google

qu'à 70/100. On en met d'autant plus à la râpe et d'autant moins aux turbines suivant la viscosité du jus. — Cet emploi demande en outre un ouvrier intelligent, non-seulement pour la distribution de l'eau, mais pour la conduite générale de l'appareil. — Le jus des turbines est exposé à l'air bien plus que dans les presses, même continues. Il est toujours extrêmement mousseux et rempli de bullettes gazeuses, au point de nécessiter un écumage dans la rigole et un nouveau passage de cette écume dans le tambour avant l'introduction de l'eau. Parfois même on ne fait pas tomber la mousse assez rapidement sans l'aide de la vapeur.

784. Il passe dans le jus beaucoup de particules solides, d'où résulte une énorme augmentation des écumes de carbonatation; cet inconvénient grandit en raison des vitesses du tambour. Il entraîne l'emploi de deux ouvriers en sus aux chaudières de carbonatation par 100.000 kilogrammes. — Les toiles métalliques sont très-rapidement obstruées par la pulpe; il faut changer de tambour toutes les six heures au moins. — La pulpe est difficile à sortir et prend le même temps que les sacs; sa quantité est plus grande.

La séparation de la pulpe folle aurait, en général, une grande importance si elle pouvait être complète; on a fait de nombreux efforts pour l'obtenir.

Du jus filtré dans un laboratoire, au papier fin, peut être conservé malgré le dégagement du gaz naturel et l'absorption de l'oxygène de l'air. Non filtré, le même jus devient promptement visqueux.

Beaucoup de personnes attribuent ce résultat à la pulpe folle, mais sans bien préciser le rôle de cette matière. La plupart des fabricants ou des chimistes croient que la viscosité provient uniquement d'une altération pectique; mais il est bien plus vraisemblable qu'elle est due à la transformation du sucre en mucilage, dont j'ai fait connaître un exemple frappant et d'une extrême netteté. En elle-même la pulpe folle est dangereuse à un autre point de vue. Sous l'influence des alcalis (la chaux et les petites quantités de potasse, de soude, etc., qu'elle met en liberté), cette pulpe donne

Digitized by Google

de nombreux dérivés, très-manifestement nuisibles à la cuisson du jus. Nous y reviendrons.

C'est, dans tous les cas, un élément nuisible dont il importe de se débarrasser. Le problème est des plus difficiles; tous les procédés de filtration rencontrent l'obstacle bien connu de l'espèce de feutrage observé pour le plus grand nombre des corps visqueux. Une couche imperméable ne tarde pas à se produire à la surface des corps tamiseurs; elle se forme très-rapidement avec le jus de betteraves.

Le mieux serait certainement d'imiter la construction des filtres employés dans les grandes villes pour l'eau potable. En général on assemble plusieurs couches de corps filtrants en grains de diverses grosseurs; par exemple poudre de charbon, sable fin, sable grossier, fragments d'éponges, etc. Ce système général ne paraît pas avoir été essayé dans son entier, mais il l'a été partiellement.

Le filtre Simon composé de toiles métalliques et d'éponges est un exemple.

On a varié cet assemblage de plusieurs manières : la toile métallique, sous forme de panier cylindrique, reçoit le jus par sa base supérieure, et le laisse filtrer plus ou moins pur dans un autre cylindre plein et servant d'enveloppe, d'où une pompe l'aspire et le mène à l'épuration, etc., etc.

Au lieu de cette disposition, on a essayé les toiles fines, aidées de la force centrifuge, un blutoir à farine, placé sous un angle de 6 à 10 degrés et mis en rotation à 30 ou 40 tours par minute, au moins, reçoit le jus à l'intérieur et le laisse passer sous l'action centrifuge au travers de la toile (métallique) sur laquelle reste à peu près toute la pulpe folle.

Je ne crois pas que les inventeurs aient encore atteint le degré de perfection nécessaire à l'avantage de débarrasser les jus d'une matière nuisible; il reste encore l'inconvénient de fouetter ces jus. de les exposer au contact de l'air et de tuyaux d'une propreté difficile à entretenir. L'inconvénient n'est-il pas plus grand que l'avantage? On peut, je crois, se le demander encore aujourd'hui.

Digitized by Google

788. Il faut cependant considérer les avantages de leur emploi. La pulpe y est versée immédiatement, sans être mise en sacs, et son contact avec des parties métalliques amoindrit les chances de fermentation des jus (§ 236), leur nettoyage est facile, elles offrent sous ce rapport une économie à compter, mais cet avantage ne compense pas les inconvénients. L'emploi d'une quantité d'eau trois fois plus grande que dans les presses est un motif d'exclusion absolu pour un bon nombre de fabriques. Enfin le nombre des turbines doit être très-grand, 18 pour 100.000 kilogrammes en vingt-quatre heures ; la hauteur du réservoir au-dessus des turbines doit être la plus faible possible. On ouvre le robinet quelques minutes après le commencement du turbinage, avant que la pulpe ait donné tout le jus et pendant qu'elle est encore très-molle, facilement perméable, doucement expressible. — Un vase est placé au-dessus de chaque turbine et reçoit la quantité d'eau voulue pour le clairçage. Une forte pression en commençant donnant les meilleurs résultats, on doit soumettre la pulpe à la plus grande vitesse dès l'entrée dans le tambour. Aussi met-on les turbines en mouvement à vide, et aussitôt la vitesse maximum acquise on y fait tomber la pulpe d'un wagonnet amené sur des rails au-dessus de l'ouverture du manteau (fig. 155, p. 182) ; l'opération entière prend vingt minutes.

On admet pour la deuxième pulpe, ou résidu des turbines, la composition :

Sucre	2.4	2.4
Autres matières solubles	1.5	0.6
Ligneux	13.5	12.0
Eau	82.6	85.0
	100.0	100.0

Ces pulpes sont donc inférieures à celles des presses. Elles se conservent pourtant, comme elles, en ce sens que plus elles sont blanches, moins elles sont altérables et prennent dans les mêmes conditions l'odeur piquante, agréable, dont les bestiaux sont avides (on l'attribue en grande partie à l'éther acétique). Mêlées avec des fourrages, de la paille hachée, des tourteaux de colza, d'œillette, etc.,

Digitized by Google

elles produisent des aliments très-nourrissants. Leur valeur est d'environ la moitié de celles des presses, — à poids égal.

En somme, je ne conseillerais point l'emploi des turbines, surtout par les raisons que je vais développer en examinant l'extraction des jus par macération.

EXTRACTION DES JUS PAR DIFFUSION, MACÉRATION, ETC.

786. La pensée d'extraire *tout* le sucre de la betterave est aussi ancienne que le travail industriel lui-même, toujours incomplet à ce point de vue. Dans les meilleures conditions de pressurage on obtient 80/100 de jus au maximum ; il reste 20/100 de pulpe contenant du sucre, non pas autant que le jus, mais encore en préparation notable.

L'extraction du jus des pulpes a été depuis longtemps essayée par une troisième méthode connue sous le nom de macération.

Il ne m'est pas possible de passer en silence sur cette méthode ; je le regrette, car elle est mauvaise, et je rendrais un grand service en la chassant des pensées de mes lecteurs comme elle doit l'être de leurs fabriques.

La pulpe la plus épuisée, dans un bon travail ordinaire, conserve encore 12 à 14/100 de jus normal, c'est-à-dire semblable à celui dont les presses fournissent 80. Laisser ce jus dans la pulpe pour le livrer aux bestiaux c'est perdre une valeur qui n'est pas négligeable, *théoriquement*. En effet 12 de jus *dans la pulpe* ne valant pas plus de 12×10 centimes, en général, soit 1 fr. 20, tandis que ce jus *dans les chaudières* vaut 12×30 centimes, au très-bas mot, soit 3 fr. 60, on perd 2 fr. 40 par chaque quintal de betteraves, ce qui représente un chiffre énorme, même dans les plus petites fabriques. Pour 10.000 tonnes de betteraves, par exemple, ce n'est pas moins de 240.000 francs.

Il semble donc nécessaire de ne pas subir une telle perte ; et de grands efforts ont été tentés dans ce but. Je ne parlerai pas des essais purement mécaniques, nous en avons vu les résultats utiles

Digitized by Google

dans la création des presses perfectionnées. Mais nous devons examiner la méthode physico-chimique d'extraction par l'eau, méthode qui a produit de nombreux procédés et dont on s'obstine à se préoccuper encore aujourd'hui malgré les mauvais résultats et, il faut le dire de suite, malgré l'impossibilité d'en obtenir de bons.

737. Les procédés peuvent se distinguer en deux classes :

1° *Procédés simples*, dans lesquels on se borne à l'action de l'eau comme unique moyen d'obtenir tout le sucre de la betterave dans un liquide.

2° *Procédés mixtes*, dans lesquels on emploie d'abord les agents mécaniques, les presses, et ensuite l'eau pour achever l'extraction du sucre ou du jus resté dans la pulpe.

738. J'examinerai d'une manière générale un seul procédé, le plus simple, celui dont le nom est le plus connu, le procédé de diffusion. Ce qu'on peut dire de lui s'applique aisément à tous les autres.

Ce procédé date de 1836, au moins pour son application, sérieusement industrielle; de 1821, pour les premiers essais. Il remonte à une époque où l'action de l'eau pure et du sucre était absolument inconnue et pouvait séduire même des hommes distingués dont rien n'ébranlait la confiance dans une opération jugée inoffensive. Dès 1821, Mathieu de Dombasle faisait couper la betterave en tranches minces, 4 à 5 millimètres, et traitait ces cossettes par l'eau bouillante, dans une série de cuves, comme on le fait dans tous les cas bien connus de lavage systématique. Ce procédé de *digestion*, n'exigeant pas de presses, de sacs, etc., et paraissant devoir extraire tout le sucre, obtint d'abord l'attention générale; mais on ne tarda pas à reconnaître son danger; de Dombasle lui-même, sans pouvoir s'expliquer le résultat, reconnut la presque impossibilité de ne pas produire constamment des jus colorés, difficiles à cuire et donnant peu de sucre.

Pelletan réussit pourtant en 1836 à introduire son *lévigateur* dans un grand nombre de fabriques. On crut, avec lui, pouvoir

Digitized by Google

attribuer à la chaleur tous les mauvais résultats des essais de Mathieu de Dombasle, et ne plus s'exposer aux mêmes déceptions en opérant à froid. Pelletan faisait de la pulpe avec une râpe et soumettait cette pulpe, dans une vis d'Archimède, à l'action de l'eau marchant en sens contraire. On obtient ainsi de beaux jus quand la betterave est mûre et saine; mais les choses vont en une rapide déchéance au fur et à mesure de la diminution de qualité des racines, c'est-à-dire à chaque jour écoulé depuis la récolte.

On fut amené bien naturellement à soupçonner l'influence de l'eau, même avant des études scientifiques précises. Schutzenbach crut remédier au mal en diminuant la quantité d'eau; pour cela, faisant sécher d'abord les betteraves découpées en petits prismes carrés, ce qui les met en *cossettes*, il crut éviter toute fermentation en épuisant ces cossettes par une quantité d'eau qu'il crut pouvoir tenir très-inférieure à celle de la méthode précédente, comme si les cossettes pour un épuisement complet ne devaient pas exiger finalement de l'eau pure en très-grande abondance et constituer ainsi des jus plus faibles, même que ceux du lévigateur. Il se trompait.

789. La diffusion, ou macération, consiste en général à traiter la betterave en tranches ou en *cossettes*, la pulpe des presses par de l'eau pure et en laissant le contact durer plus ou moins longtemps, et à soumettre ensuite toute la masse soit aux presses, soit aux turbines. Ce qu'on cherche dans de telles conditions, c'est un effet d'*osmose*. Nous nous sommes expliqué avec détail sur la cause physique ainsi dénommée (§ 491); pour le moment nous résumerons en deux mots les essais tentés afin de les appliquer à la macération.

Un seul point théorique nous est nécessaire : quand une membrane organique, végétale, comme une paroi cellulaire de betterave (§ 579), ou animale, comme une vessie de porc, est placée entre deux liquides de densités inégales, un mouvement croisé des deux liquides s'établit aussitôt à travers la membrane, le plus léger passant dans le plus lourd et réciproquement. Ce mouvement a été désigné sous le nom d'osmose par Dutrochet, son inventeur : j'ai nommé

Digitized by Google

mégosmose le mouvement du liquide qui passe en plus grande quantité au travers de la membrane, et *microsmose* le mouvement de celui qui passe en plus petite quantité (§ 247).

Prenons, par la pensée, une cellule de betterave, libre, et examinons-la dans l'eau pure ; la paroi de cette cellule est une membrane végétale très-mince ; à l'intérieur, la cellule renferme du jus sucré dont la densité est plus grande que celle de l'eau extérieure. A l'instant une osmose puissante est établie : l'eau pénètre par mégosmose dans la cellule, tandis que le jus sucré sort par microsmose de cette cellule et se mêle avec l'eau. Tel est le principe simple de la macération proposée par Mathieu de Dombasle.

Mais dans la pratique ce principe est-il la source d'applications heureuses? Assurément non! Et il ne peut pas l'être. Mathieu de Dombasle ignorait la puissance de l'eau pour invertir le sucre et le rendre incristallisable ; il ne connaissait pas le pouvoir de l'oxygène, dissous dans cette eau, pour changer le sucre en acides (§ 54) ; il ne croyait même pas si grande la faculté des jus, d'aider les deux causes par les autres éléments dont ils sont composés. Depuis l'époque où cet agronome distingué parla de macération, nos études ont fait connaître ces vérités devenues incontestables. On peut mesurer aujourd'hui tout le danger des opérations où les jus de betterave et ceux de canne sont additionnés d'eau, même pure ; à plus forte raison d'eau mêlée avec les acides ou les substances dites fermentescibles. Et c'est un motif d'étonnement continuel de voir des hommes instruits conseiller encore une méthode essayée tant de fois et tant de fois cause des déceptions les plus coûteuses.

En vain on s'acharne après une chimère faite pour séduire les fabricants malheureux. Diminuer les sels qui ont été concentrés dans une mélasse pour rendre à ce produit la faculté de *donner du grain*, — ou bien produire un effet analogue sur les sucres inférieurs pour éviter le rabais fondé sur la présence et la proportion des sels. On peut bien obtenir le résultat cherché ; mais *on ne l'obtient jamais sans perte de sucre*, et cette perte, jointe aux frais de l'opération, dépasse toujours le bénéfice procuré.

Digitized by Google

760. Nous avons vu (§ 497) qu'un mélange de sucre et de sels, soumis à l'influence de l'eau pure, au travers d'une membrane, abandonne *parfois* beaucoup de sel et peu de sucre à cette eau, non sans absorber lui-même une grande quantité de cette eau. Mais nous avons aussi vu, dans un grand nombre de cas (§ IV, p. 478), le rapport du sucre aux sels ne pas changer dans ces épreuves et l'opération demeurer tout à fait inutile. Elle devient alors une dépense perdue, car il faut faire évaporer les deux liquides, si l'on veut ne pas abandonner la matière première; et en la retrouvant, après cette opération, avec son poids primitif, on reconnaît encore la qualité plus ou moins diminuée.

761. Pour le moment, bornons-nous à étudier la macération au seul point de vue de l'extraction complète des jus sucrés.

Déjà nous avons pratiqué cette macération, incidemment, en versant de l'eau pure, ou du jus faible, sur la râpe ou sur les pulpes de première pression. Voyons ce que peut produire la même macération faite comme but principal et, pour faciliter notre étude, distinguons les deux effets de la macération :

1° La simple dilution du jus sucré dans l'eau ajoutée.

2° Les effets d'osmose de l'eau sur le jus à travers les parois cellulaires.

1° *Dilution simple.*—On ne peut songer à en tirer bon parti que sur les pulpes de première pression. Nous admettons toujours 20 pour le nombre des centièmes; 100 de betteraves donnent 20 de pulpe. Et la betterave contient 95 de jus.

Notre pulpe est donc formée de 15 de jus et 5 ligneux ou insoluble. Si nous ajoutons 15 d'eau pure, le jus aura une densité moitié moindre : soit 1050 la densité primitive; nous descendrons à 1025. Pressons cette pulpe humectée, nous extrairons 15 de jus à 1025, et il nous restera 20 de deuxième pulpe, et ainsi de suite. Nous pourrons, en continuant ces opérations, obtenir :

15 à 1025
15 à 10125
15 à 100675, etc.

Digitized by Google

Nous arriverions à épuiser la pulpe et à extraire par l'eau tout son sucre ; mais est-il bien avantageux de suivre une telle marche ? Évidemment non ! Il y a une limite impossible à franchir dans l'industrie : c'est le passage du bénéfice à la perte ; ici la limite est facile à déterminer. Elle existe au liquide où la quantité d'eau à évaporer devient assez grande pour exiger une dépense de charbon supérieure au prix du sucre contenu dans cette eau.

Soient : S le poids du sucre dans 100 kilogrammes de dissolution,

$100 - S$ le poids de l'eau,

55 francs le prix de vente du sucre, déduction faite de 10 francs, frais généraux par 100 kilogrammes.

1/6 le poids de charbon nécessaire pour évaporer 1 kilogr. d'eau,
30 francs le prix d'achat de ce charbon, ou 3 centimes le kilogr.

La recette sera : $S \times 0.55$;
La dépense : $(100 - S)\ 1/6 \times 0.03$.

Si l'on veut d'ailleurs 10/100 de bénéfice, il faut que la dépense soit 90/100 de la recette, c'est-à-dire

$$(100 - S)\ 1/6 \times 0.03 = 0.9\ S \times 0.55$$

d'où $S = 1^{kil}.000$ très-exactement.

Ainsi le *liquide limite*, celui dont l'évaporation peut être faite avec un bénéfice de 10/100, doit contenir au moins 1 kilogramme de sucre dans 100 kilogr.

La densité de ce liquide est 1002,36.

On y arriverait par une quatrième addition d'eau, faite avec 30 au lieu de 15. La densité 1006,75 deviendrait 1002,25. En somme on aurait ajouté 75 d'eau à 20 de pulpe, et cette pulpe serait presque épuisée.

Mais ce calcul suppose l'inaltérabilité du sucre, l'absence de sels nuisibles, etc. Et, malheureusement, cette supposition est loin de la vérité ; si loin que l'opération ne donnerait pas trace de sucre en grain, à 0 fr. 55 le kilogramme, mais uniquement de la mélasse à 0 fr. 10.

Digitized by Google

762. On a cru pouvoir éviter ce fâcheux résultat, dû à l'extrême abondance de l'eau, en traitant la pulpe par la méthode de Lavoisier, le *lavage méthodique* qui conduit à des jus concentrés.

Ajoutons aux 20 de pulpe employés d'abord 15 d'eau pure, nous pouvons extraire 15 à 1025, versons ces 15 sur 20 de pulpe fraîche, nous pourrons extraire 15 à 1037,5, etc.; c'est-à-dire monter la densité par les degrés suivants :

1	2	3	4	5	6	7
1025	1037.5	1043.75	1046.875	1048.4375	1048.71875	1049.109375, etc.

On obtient ainsi, dès la troisième opération, du jus qu'on pourrait nommer *moyen*, car c'est celui dont les fabriques françaises font un usage à peu près universel; quatre ou cinq opérations de plus donnent un jus dont la densité ne diffère plus sensiblement du jus initial.

Mais ce moyen de *tourner* la difficulté n'est pas du tout le moyen de la *vaincre*. La pulpe des opérations successives 1, 2, 3..., reste de plus en plus riche. Celle du numéro 7 par exemple, d'où l'on extrait un jus de D=1049.1, reste imprégnée de ce jus et, par conséquent, à peu près identique à la pulpe initiale. Il faut la soumettre à d'autres lavages, et en somme lui faire subir absolument les mêmes opérations que dans le premier cas, jusqu'à la même limite. Il en est de même de toutes les autres. Ainsi l'on tombe dans une illusion grossière en pensant éviter ainsi l'influence de l'eau; la quantité nécessaire est toujours la même, son action n'est pas moins grande, et, répétons-le, cette action dépend de l'eau elle-même d'abord, puis de l'air tenu en dissolution, sans oublier les causes de fermentation existant dans le jus ou la pulpe en leur meilleur état.

763. D'un autre côté, la pratique répond-elle aux indications théoriques, dans notre cas actuel, où le calcul paraît si peu capable d'être démenti par l'expérience? Elle n'y répond pas! et il ne faut pas en être étonné; la dilution, par l'eau, d'une pulpe fortement osmotique ne peut manquer d'être compliquée par l'osmose; pour ne pas fatiguer le lecteur avec des considérations abstraites, je met-

Digitized by Google

trai de suite sous ses yeux un tableau d'expérience (emprunté à Walkhoff) sur des pulpes traitées par lavage méthodique.

NUMÉROS des cuves.	CENTIÈMES théoriques de sucre (1), le jus initial en contenant 16.	CENTIÈMES PRATIQUES		
		Fabrique A. Jus initial contenant 15.4.	Fabrique B. Jus initial contenant 13.8.	Fabrique C. Jus initial contenant 12.23 (2).
1.....	0.25	1.1	1.05	0.13
2.....	0.5	2.2	2.05	0.35
3.....	1	2.75	3.05	0.50
4.....	2	3.5	4.05	0.61
5.....	4	4.5	5.3	0.83
6.....	8	5.4	6.55	1.00
7.....	12	6.75	7.42	1.39
8.....	14	8.8	8.8	1.87
9.....	15	9.5	10.42	2.36
10.....	15.5	12	»	3.14
11.....	15.75	»	»	4.35
12.....	15.875	»	»	5.30
13.....	15.9375	»	»	7.72 (3)

Un coup d'œil suffit pour montrer le désarroi fabuleux où fait tomber la comparaison de ces résultats d'expériences avec les données théoriques. Ce tableau ne demande presque aucun commentaire. Walkhoff est un auteur des plus recommandables, partisan des méthodes d'extraction par l'eau, dans l'une desquelles son zèle éclairé lui a fait concevoir un appareil nouveau; ce fabricant habile est du nombre des hommes qui restent impartiaux même pour leurs propres œuvres; son opinion peut donc être jugée décisive. Voici ce qu'écrit Walkhoff (après un calcul théorique dont il n'est pas nécessaire de parler) :

« Si, dans la pratique, on obtenait des résultats conformes à ces nombres, la macération serait sans contredit le plus simple et le plus employé des procédés pour l'extraction du jus des betteraves. Mais en réalité les jus qu'on obtient dans les meilleures conditions

(1) Évalués en un instant par le saccharomètre Maumené, § 438.

(2) Coefficient de pureté, 76.

(3) Je simplifie le plus possible les termes du tableau sans altérer en rien le sens des nombres.

Digitized by Google

théoriques sont loin d'être aussi riches qu'on serait en droit de l'espérer. Nous donnons ci-après les nombres relevés dans quelques fabriques où l'on fait usage des appareils de macération les plus perfectionnés.

» La divergence entre les nombres de ces diverses colonnes (celles du tableau) est, comme on le voit, très-grande, et cependant les résultats proviennent d'usines parfaitement menées et très-bien outillées. Ce n'est donc pas à la conduite de la macération, mais au procédé lui-même qu'il faut attribuer l'écart observé. »

764. Le lecteur me pardonnera de ne pas mettre sous ses yeux tous les dessins des appareils employés pour ce mauvais travail; on peut se représenter aisément les treize cuves dont parle le tableau, rangées comme à l'ordinaire en escalier. Elles sont toutes semblables; une d'elles est représentée figure 158 : AA est un cylindre vertical en tôle, dont le vrai fond BB′, incliné vers un ajutage B, est en fonte; un faux fond CC′, en barreaux de fer ronds, supporte une toile métallique pour retenir la pulpe au moment du vidage. Une claie du même genre est fixée en EE′, et soutient quatorze tiges de fer suivant 6 ou 8 diamètres. L'arbre vertical VX, tournant au centre de la cuve (par l'action de l'engrenage I et K), porte une sorte de râteau double GG′ dont les dents supérieures passent au milieu de l'intervalle entre les tiges de EE′. Ce râteau *peigne* la pulpe et la tient toujours divisée dans le liquide. Au même arbre est attachée une batterie de brosses HH′, dont l'effet sur la claie fixe EE′, pendant la rotation, est évident. On donne et l'on arrête le mouvement de ces râteaux et brosses par le conducteur L de l'embrayage et du débrayage de K. Je ne dirai rien des autres parties de l'appareil, imaginé par Schutzembach.

Effets d'osmose. — Je ne saurais trop faire observer leur désavantage. Ce que nous en avons dit tout à l'heure, § 760, mérite toute l'attention du fabricant. L'osmose de la pulpe est assez rapide: mais elle fournit du sucre beaucoup plus mêlé de ***non-sucre*** et, en particulier, de matières salines, que la pression directe. La partie de jus ainsi obtenue coûte plus cher et est de moins bonne qualité.

Digitized by Google

768. Je ne puis oublier l'impression dont je fus frappé au spectacle de cet appareil dans la première fabrique où j'ai suivi de près le travail du sucre.

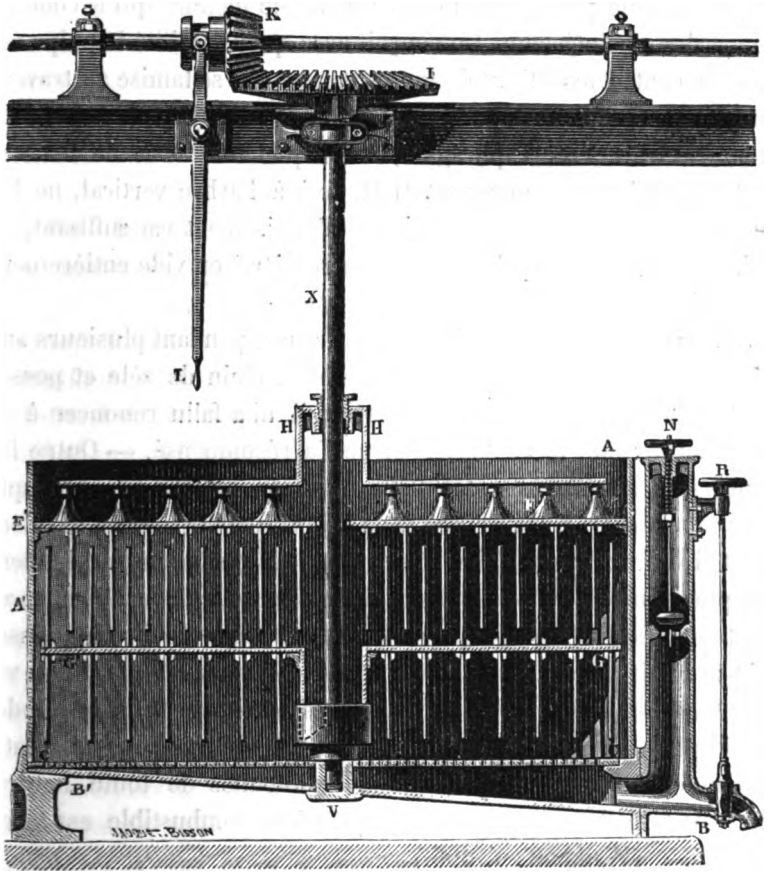


FIG. 158.

Une certaine quantité de pulpe est introduite dans le macérateur, avec de l'eau provenant d'un macérateur voisin, placé à 15 centimètres en contre-haut, pour laisser couler naturellement cette eau, comme nous allons la voir couler, de notre macérateur dans un troisième, placé en contre-bas. A mesure que l'eau ou jus, plus ou moins concentré, s'accumule dans notre macérateur, son niveau

Digitized by Google

tend à s'élever dans le tube latéral B N comme dans la cuve; on l'en empêche en lui donnant issue par la soupape I N, dont la roue N règle l'ouverture, et par un tuyau de décharge représenté en arrière. Le jus s'écoule par ce tuyau dans une rigole inclinée qui le conduit au macérateur inférieur. On conçoit avec quelle facilité la pulpe est mise en contact avec l'eau de toutes parts : elle se tamise au travers du faux fond où une toile métallique la retient. Elle se tamise de même au travers du diaphragme, sur lequel une série de brosses F F' entraînées par le support H H, fixé à l'arbre vertical, ne lui permet pas de se pelotonner; quand l'épuisement est suffisant, ce qu'on juge au degré de l'eau (par le sucromètre) on vide entièrement le macérateur.

J'ai vu employer cette méthode en France, pendant plusieurs années, par un fabricant très-dévoué à l'idée, plein de zèle et possédant toutes les qualités pour réussir; il lui a fallu renoncer à ce travail après une lutte dont rien ne l'a récompensé. — Outre les dangers de la méthode signalés plus haut, on est exposé, plus que dans toute autre, à disséminer dans les jus toute la pulpe folle dont il est si difficile de se débarrasser. Les carbonatations deviennent des plus pénibles par l'abondance de la *mousse* et des *écumes*, et au bout de ce laborieux effort, on obtient une masse cuite visqueuse, très-ordinairement incapable de grener, riche en sels, et d'une valeur très-diminuée. De l'aveu même des partisans de la méthode, « elle peut donner, dans une bonne année, de très-bons résultats, et l'année suivante elle présente des difficultés de toute nature. Elle n'est réellement pratique que là où le combustible est à bon marché. » (Walkhoff, p. 306.)

On a peine à comprendre le rapport favorable dont cette méthode (Schutzembach) fut l'objet à son apparition, par un chimiste célèbre; mais la destinée du procédé ne put devenir meilleure : après de grandes dépenses et de grandes pertes, il fut abandonné (1).

766. Dans ces dernières années, on a essayé de remettre la méthode en honneur avec des dispositions plus ou moins nouvelles; j'ai

(1) *Comptes rendus*, XVIII, 622.

Digitized by Google

eu dans les mains des jus obtenus par des procédés réellement peu différents, tous ont montré l'altérabilité la plus grande; un entre autres nous a offert le meilleur moyen de constater la présence des azotates dans la betterave. Vingt-quatre heures après son arrivée au laboratoire il donnait de la vapeur rouge, visible au dehors de la bouteille, dont la chambre atmosphérique n'avait pas plus de 15 centimètres cubes; il était devenu très-acide et ne contenait pas un atome de sucre.

767. Un essai d'un autre genre a été fait par un homme des plus compétents. L'extraction du jus a été tentée par l'influence combinée de l'eau, de la pression et de la filtration. Je n'en parlerais pas, cependant, si je ne devais me faire une loi d'offrir à mes lecteurs un tableau fidèle des divers essais exécutés par des hommes sérieux. A ce titre, je ne puis omettre l' « *emploi simultané de la* « *presse et de la macération* » par Walkhoff; mais je dois renvoyer à l'ouvrage de l'excellent auteur pour tous les détails de sa méthode.

768. Une opération des plus dangereuses a été mise, pendant longtemps, en pratique sur une grande échelle: la macération des *cossettes*. On appelle ainsi des fragments d'un petit volume obtenus en divisant la betterave, non plus par des râpes, mais par des couteaux. Les cossettes, mises principalement en usage, étaient de petits prismes carrés, comme des bâtons de craie. La betterave était découpée près d'un séchoir dans lequel on introduisait immédiatement les cossettes sur des claies, on les y laissait tout le temps nécessaire à leur dessiccation complète. Dans cet état seul on peut les conserver même plusieurs années. Le jour de l'extraction du sucre on faisait macérer les cossettes dans l'eau pure et les jus obtenus étaient traités par les moyens habituels.

Aucun système ne saurait être plus défectueux. Enlever l'eau des cossettes pour la leur rendre plus tard est un contre-sens économique frappant. L'enlever était très-difficile, plusieurs jours ne suffisaient pas à la dessiccation complète, sans laquelle pourtant leur conservation est impossible. Hâter les effets de la chaleur en portant

Digitized by Google

son degré un peu plus haut, c'est condamner le sucre à une inversion fatale. Dire la dépense pour cette première partie du travail en main-d'œuvre, combustible, prix des immenses séchoirs, etc., serait presque incroyable. Et plus tard, après une moitié au moins des cossettes perdue, retrouver dans la macération tous les inconvénients dont on a mesuré plus haut l'influence, et en venir finalement à des masses cuites, incristallisables, presque des mélasses, telle est la filière où est invinciblement tiré l'imprudent chercheur du succès contre les principes les mieux établis.

Betteraves en semelles, en pulpe, en cossettes, sont toujours traitées dans ce système par une quantité d'eau énorme; non pas à toute époque du traitement, mais seulement vers sa fin. A ce moment le sucre est, d'une manière inévitable, exposé à l'action de l'eau, cas qui ne peut manquer d'en invertir une proportion plus ou moins forte; en outre la pulpe soumise à une osmose puissante, puisqu'à l'instant de son arrivée dans l'eau pure elle est encore très-chargée de sels et de matières organiques azotées, laisse passer des quantités très-notables de ces matières dans l'eau qui les conserve, naturellement, un peu plus tard et arrive au contact de la pulpe pure dont elle ne peut extraire le sucre sans le mêler avec le non-sucre; elle le charge bien plus de ce dernier qu'il ne l'est dans les jus de simple expression.

769. Enfin la même méthode a été présentée, depuis plusieurs années, sous un autre nom, celui de *diffusion*. Pratiquée avec persévérance par un homme habile, Robert de Seelovitz, elle s'est répandue en Allemagne, dit-on, avec succès. Je n'ai pas eu l'occasion de voir moi-même la pratique de cette méthode, et ne voudrais pas m'exposer au reproche d'en beaucoup parler sans la connaître; mais il me sera permis de dire ma pensée très-sincère; une telle méthode est connue par les descriptions exactes de plusieurs auteurs; elle n'a rien d'essentiellement différent de la macération, et repose comme elle sur une action de l'eau et des jus sucrés. On peut la juger sans aller en Allemagne; et malgré la faveur dont quelques personnes l'entourent dans leurs écrits, j'ose la dire très-

Digitized by Google

inférieure à sa réputation, tout en lui souhaitant bien honnêtement de la mériter, ce qui est absolument impossible.

770. En résumé, deux points sont bien établis dans toutes les expériences : le premier, indiscutable même *a priori*, c'est l'énorme affaiblissement du jus dans la première cuve (celle où la pulpe arrive en dernier lieu). Il n'y a guère moins de 100 parties d'eau pour 1 de jus normal (initial). Le second, c'est l'irrégularité des effets de la macération, irrégularité due « au procédé lui-même ».

Ce second point est facile à comprendre : rien n'est plus complexe, dans la pratique surtout, que les effets d'osmose ; la nature de l'eau, celle de la pulpe, la température, tout fait varier ces effets ; la viscosité des jus, surtout, est une grande cause de variation, et tout le monde sait que la même pulpe, à une heure de distance, présente un changement de viscosité quelquefois énorme.

Le travail de macération a un troisième inconvénient des plus graves : le maniement répété de la pulpe et l'action prolongée de l'eau développent fortement la proportion de la pulpe folle. Aussi les jus sont-ils relativement plus difficiles à déféquer, produisent-ils plus d'écumes et donnent-ils des cuites de beaucoup moins bonne qualité.

Non-seulement la pulpe folle augmente ; mais il est presque impossible d'éviter l'entraînement dans les jus d'une proportion quelquefois très-forte de pulpe râpale. Si les grillages du faux fond, ou du diaphragme, n'ont pas assez de finesse, s'ils joignent mal les parois, s'ils reçoivent des déchirures, la pulpe entière n'est plus retenue et, à moins d'une filtration totale, les jus viennent à la défécation (ou carbonatation) dans un état fort peu convenable ; la pulpe folle, malgré cette filtration, y passe en entier, ce qui est le plus fâcheux.

Aussi, dit encore Walkhoff : « La macération donne naissance à beaucoup plus d'écumes que le procédé des presses hydrauliques. Il en résulte que le travail de la défécation est plus difficile, que celui des presses à écumes est augmenté, et souvent aussi qu'une partie du jus est perdue. »

Digitized by Google

L'abondance de l'eau dans les jus est, à un autre point de vue, un quatrième inconvénient. Il faut évaporer cette eau dont la quantité n'est pas moindre d'*un tiers à la moitié* en jus. En effet les presses, hydrauliques ou continues, donnent sensiblement 100 litres de jus pour 100 kilogrammes de betteraves. La macération ne donne pas moins de 130 litres et le jus est plus faible. Ainsi l'excès d'eau est au moins de 33 ou 35 et peut facilement atteindre 50. Une fabrique doit compter 3 bateaux de charbon au lieu de 2.

La pulpe épuisée est imbibée d'une quantité de liquide dont il faut la débarrasser pour la rendre utile aux bestiaux et la conserver dans ce but. On doit donc la presser fortement; c'est là un cinquième inconvénient et il est des plus graves; la pression exige des sacs et il est évident qu'on doit faire sur cette pulpe désucrée presque le même travail que sur la même pulpe dans son état normal. On a donc tout le travail de la macération en plus pour obtenir à peine 4 ou 5/100 de jus excédant, mais plus faible.

« La quantité d'eau nécessaire au service des cuves est énorme », dit Walkhoff; « si on fait entrer en ligne de compte celle qui sert au nettoyage des cuves, on peut admettre que la quantité d'eau employée représente trois à quatre fois le poids des betteraves. » Ce sixième inconvénient, si grave en lui-même, est capital pour un grand nombre de fabriques; on ne saurait trop le méditer à tous les points de vue : nécessité de la grande masse d'eau dont le prix n'est jamais nul; dépense de l'évaporation; altération du sucre et du non-sucre rendus tous deux moins propres à la bonne qualité des cuites. Il faudrait un aveuglement volontaire pour ne pas mesurer toutes ces conséquences et ne pas conclure au rejet absolu de tout procédé de macération.

Que ces procédés donnent en Allemagne des résultats *supportables*, c'est possible. Avec des betteraves très-riches, on peut arriver, *malgré la macération*, à des rendements profitables; mais que ces résultats soient supérieurs ou même égaux à ceux du travail des presses, personne ne pourrait le soutenir avec de bonnes raisons.

J'ai eu souvent l'occasion d'examiner les produits de travaux

Digitized by Google

faits avec des appareils divers, mais d'une fonction savamment organisée ; chaque fois s'est augmentée ma conviction de l'inutilité complète et du mauvais effet des inspirations renouvelées sur des bases plus ou moins nouvelles. Tout récemment encore des jus préparés par une méthode très-perfectionnée, disait-on, m'ont été soumis avec l'annonce d'une qualité très-supérieure. Le lendemain même du jour où les échantillons avaient été laissés sur ma table, l'atmosphère dans les bouteilles était assez chargée de bioxyde d'azote pour donner, à l'enlèvement du bouchon, un nuage de *vapeur rouge* presque aussi intense que si le bioxyde était pur. Depuis plusieurs années surtout, ce fait est à peu près inévitable, et quand il se présente, les jus même d'une grande densité, 5°,2 à 6 degrés, deviennent rapidement acides et dénués de toute richesse saccharine ; je l'ai déjà dit tout à l'heure.

Il est *fatal* de ne pouvoir obtenir par ces méthodes, quelles qu'elles soient, un jus aussi pur et d'aussi bonne qualité que par les presses, ce que l'expérience confirme dans tous les cas. Aucun fait, à ma connaissance, ne peut autoriser un fabricant, soigneux de ses intérêts, à employer aucune de ces méthodes ; tout lui fait un devoir de les rejeter et de ne plus perdre une minute même à un nouvel examen.

771. En terminant, je résumerai ce long chapitre par le conseil offert aux intéressés, de repousser avec une ténacité invincible toute application de macération, diffusion, etc., tout système basé sur une addition d'eau, surtout si l'eau ajoutée dans les jus doit exercer sur eux son influence, avec l'aide du temps, et, ce qui est pire, des acides.

TRANSPORT SOUTERRAIN DES JUS

772. A l'extraction des jus se rattache une méthode dont nous devons parler maintenant : celle du transport souterrain des jus. Ce n'est pas un moyen spécial d'extraire le jus de la betterave : c'est uniquement un moyen de *se procurer des betteraves* à des distances

Digitized by Google

très-grandes sans dépasser un prix enfermé dans les limites permises. Le jus ne représentant jamais plus de 80 pour 100 de la betterave, le transport comprend au maximum les 4/5 de l'ordinaire; en outre l'écoulement du jus dans un tube peut avoir lieu sans aucuns frais, à part la dépense d'achat et pose de ce tube, lorsque le terrain entre la râperie et la fabrique offre une pente suffisante. Même en dehors de ce cas très-rare, il suffit d'une pompe et d'un peu de force-vapeur pour vaincre la résistance opposée par la longueur seule du tuyau, ou par les contre-pentes. En somme, ce mode de transport offre une économie plus ou moins notable sur le transport ordinaire, et il a surtout l'énorme avantage d'être toujours praticable, quand le transport ordinaire peut être arrêté faute de chevaux et de conducteurs, ou même de bons chemins. En outre, le bénéfice résultant du non-transport de la pulpe est doublé d'un autre bénéfice plus grand peut-être, celui de livrer la pulpe au cultivateur dans les meilleures conditions, à l'endroit même où il apporte ses betteraves, dans un local couvert, sans chargements ni déchargements intermédiaires comme on le fait dans le système habituel, surtout aux bascules où elle est versée presque toujours sur le sol, même en temps de pluie.

Depuis 1867, année de l'établissement des premiers tuyaux à Montcornet (Aisne), sur une longueur de plus de 8 kilomètres, des râperies, de plus en plus nombreuses, ont été construites à des distances de plus en plus grandes. Il en existe aujourd'hui (1er mai 1875) 240; l'une d'elles sert la fabrique située à 32 kilomètres et partout le système donne de bons résultats.

Le jus ne pourrait être versé dans le tube à l'état naturel; il est nécessaire de le munir d'un agent de préservation certaine et il n'en est pas de comparable à la chaux sous tous les rapports. Il me sera permis de le dire : sans mes études sur la conservation (préservation) des jus, et les épreuves industrielles de mon procédé fondé sur cette conservation, Linard n'aurait pu songer au transport d'un liquide aussi altérable, dans des tuyaux d'une telle longueur. Avec la chaux, aucune altération n'est à craindre; le jus peut voyager impunément. « Les expériences faites dans le laboratoire et industriel-

Digitized by Google

lement ont suffisamment démontré que, par le procédé du chimiste Maumené, les jus peuvent être conservés plusieurs mois, et même plusieurs années; et le cas actuel n'est qu'une application restreinte de ce procédé. Les jus conservent donc toute leur qualité pendant leur passage dans la conduite. » Telle est l'appréciation de Maure, collaborateur de Linard, dans sa note de 1869.

On chaule les jus, à la râperie, avec 1 pour 100 de chaux, CaO; la dissolution est totale et rapide; après un repos de vingt-quatre heures au moins, le jus limpide est pris, par une pompe, et foulé dans le tuyau qui doit être enfoui à une profondeur suffisante pour éviter la gelée (60 à 80 centimètres). Ce tuyau, en fonte de première fusion, est d'un diamètre compris entre 65 et 120 millimètres, suivant la quantité de jus à débiter, la longueur du parcours et les accidents du terrain. Toutes les précautions doivent être prises pour une bonne construction du tuyau: moulage mécanique, coulée debout pour avoir une fonte très-serrée, bien exempte de soufflures et d'une épaisseur régulière; essai de tous les tubes à 15 atmosphères avant livraison, etc. Ces tubes ont 3 mètres de longueur; ils sont joints à emboîtement, avec une corde goudronnée sur laquelle on coule du plomb; ce métal est foulé ensuite au mattoir. Le tuyau terminé, on l'essaye avec de l'eau avant de le couvrir; on rematte les joints, peu nombreux, où se présente une fuite et on l'enterre; il peut servir au transport du jus. En cas d'accident ultérieur, toute perte de jus devient promptement perceptible à la surface du sol; le tuyau est placé, d'ordinaire, dans l'accottement des chemins où le cantonnier (sinon un employé spécial) peut voir aisément les moindres fuites et en prévenir la râperie. Une perte d'une dizaine de litres ne saurait échapper : elle représente 25 à 30 centimes tout au plus.

Les points les plus élevés de la conduite sont munis de robinets pour purger l'air et éviter les coups de bélier. Ces coups ne sont jamais d'une grande force, la vitesse du jus n'allant pas à plus de 30 ou 40 centimètres par seconde : mais lorsqu'ils peuvent se produire, on doit mettre tous ses soins à les éviter. Un des cas les plus fâcheux est celui d'une obstruction subite de la conduite en plein travail : cette obstruction peut être amenée par des dépôts insolubles

Digitized by Google

de chaux mêlés à de la pulpe grossière, des semelles, etc. Le moyen certain d'éviter cet accident consiste à ne jamais pomper de jus trouble, ce qui est facile en lui laissant vingt-quatre heures de repos, comme je l'ai dit : beaucoup de personnes, peu favorables à ce moyen, parce qu'il laisse un dépôt calcaire imprégné de jus, dont le lavage est obligatoire, envoient du jus simplement filtré sur de la paille hachée, puis passé dans un tamiseur métallique, ou même uniquement passé dans ce tamiseur avant de le livrer à la pompe ; il est bien plus simple de laver les dépôts, dans un petit laveur méthodique, et d'employer les eaux à délayer la chaux dans les jus venant des presses.

Félix a imaginé un bon moyen de purger les tuyaux de l'air que les jus entraînent et dont l'accumulation nuirait beaucoup à la bonne marche du travail. Une cloche de fonte, essayée à 15 atmosphères comme les tuyaux, est placée sur un point élevé du tube, dans une coupure où elle est ajustée par deux tubulures opposées, fondues à sa partie inférieure : au centre de la cloche est établi, par la fusion, un corps de pompe dans lequel glisse un piston dont la tige traverse le sommet de la cloche et fait mouvoir un robinet de dégagement. L'air élevé au sommet de ce purgeur, autour du corps de pompe, exerce peu à peu sur le piston une pression assez forte pour le faire descendre et ouvrir le robinet d'échappement. Une grande partie de l'air est rejetée au dehors, le piston remonte, ferme le robinet et ainsi de suite.

773. Il est indispensable de vérifier l'état du jus à son arrivée dans la fabrique. On doit établir un petit tube en fer, de 10 millimètres de diamètre, avec robinet à vis, pour prendre, *ad libitum*, 500 ou 600 centimètres cubes de jus et mesurer la dose du chaulage. C'est le meilleur moyen de surveiller le travail de la râperie où la négligence peut être très-préjudiciable. Jusqu'à présent la chaux est employée d'une manière trop peu certaine (*voir* plus loin *Préparation de la chaux en lait*). Un grand bac de jus mal chaulé suffit pour occasionner un trouble fâcheux dans le travail. Admettons ce bac de 400 hectolitres. Un tel volume de jus introduit dans une conduite de 10 centimètres occupe une longueur de plus de 5000 mè-

Digitized by Google

tres (5092), c'est-à-dire qu'il remplirait tout le tuyau de certaines râperies (1). Il pourrait ainsi, d'une part, recouvrir toute la surface intérieure d'une couche visqueuse, en fermentant, ce qui affaiblirait beaucoup la qualité du jus suivant, même en supposant un chaulage un peu meilleur, et, d'autre part, en arrivant dans la fabrique, son mélange avec les autres jus rend le travail difficile et souvent mauvais pendant plusieurs heures. Il est d'une grande importance de veiller sur ce danger.

774. Les râperies paraissent être une source de grandes dépenses, c'est une illusion réelle. On peut s'en convaincre en examinant avec soin les conditions de leur fonctionnement. Une râperie peut n'entraîner aucun surcroît de dépense, et être uniquement une source de bénéfices, quand on sait la placer de manière à *augmenter la fabrique sans en détacher aucune partie*. La râperie doit fournir à la fabrique les betteraves dont l'approvisionnement lui serait impossible, et en quantité suffisamment grande pour ne pas élever le prix de revient du jus. On arrive aisément à ce but par les nombreux avantages des râperies dont nous allons présenter le résumé succinct.

L'un des plus grands est d'obvier à l'impossibilité des arrivages de betteraves, dans un même jour, au delà d'une certaine limite. Ainsi l'arrivage de 200000 kil. exige, en moyenne, de 50 à 100 cha-

(1) Voici les principales données dont le lecteur peut avoir besoin :

Diamètre de la conduite.	Section en décimètres carrés.	Quantité de jus fournie en 24 heures à la vitesse (par seconde)		Longueur occupée par 1000 litres.
		0m.30.	0m.40.	
m.		hectolitres,		m.
0.065	0.331832	860.11	1146.81	331.832
0.070	0.384846	997.52	1330.03	259.844
0.075	0.4417875	1145.11	1526.81	226.353
0.080	0.502656	1302.91	1737.21	198.943
0.085	0.5674515	1470.83	1961.11	176.226
0.090	0.636176	1648.96	2198.61	157.190
0.100	0.785400	2035.76	2714.35	127.324
0.110	0.950334	2463.26	3284.35	105.396
0.120	1.130976	2931.49	3908.65	88.424

Temps nécessaire pour parcourir 1000 *mètres :*

A la vitesse de 0m.30 par seconde..... 0h55'33"
— 0m.40 par seconde..... 0h41'40"

Digitized by Google

riots : mais dans les premiers jours, où chacun se presse et où il est nécessaire de s'approvisionner, il arrive 4, 5, 6, 20 fois le même nombre et il est facile de comprendre que la réception devient impossible. Le transport souterrain fait disparaître ces difficultés; on peut recevoir des volumes de jus énormes sans aucun autre embarras que celui des récipients nécessaires.

775. Dans le transport au moyen des voitures, les routes subissent des dégradations telles, que l'administration fait payer aux fabricants, sous le titre de *subventions industrielles*, tous les dégâts causés par les betteraves, sans distinction entre le fabricant et le cultivateur, à ce point de laisser le cultivateur dont les betteraves ne sont pas reçues à la fabrique, pour défaut de qualité, en droit de les ramener chez lui aux frais du fabricant. Une fabrique a payé 32000 francs en un an. — Les subventions industrielles sont supprimées par les râperies et les tuyaux. Ce qu'il en reste, ce sont des frais insignifiants pour l'entretien du terrain où la conduite est enfouie, et, au lieu d'une sorte d'antagonisme entre l'administration et le fabricant, une entente facile en raison de la convergence d'intérêts autrefois opposés.

776. Un avantage sérieux, c'est de ne pas concentrer tout le personnel dans la fabrique. La division du travail est toujours d'un haut intérêt. Le râpage et le pressage, surtout aux presses hydrauliques, emploient la partie la plus nombreuse des ouvriers. La râperie seule de la fabrique en demande souvent au delà du possible pour la population locale. Ajouter une et, à plus forte raison, plusieurs râperies de même puissance est une impossibilité absolue dans l'usine : c'est une chose facile en laissant les ouvriers chez eux, comme ils y restent en mettant les râperies dans les villages éloignés.

777. Les cultivateurs de certaines localités ne pouvaient faire de la betterave à cause de leur situation spéciale. — Éloignés, non par la distance réelle, mais par des accidents de terrain trop prononcés, ils ne pouvaient se livrer à une culture dont les produits

Digitized by Google

n'étaient pas transportables. Une râperie locale résout la difficulté: ses tuyaux peuvent être conformés aux terrains les plus divers et envoyer aux fabriques tout le jus des racines en laissant la pulpe sur place au cultivateur. Il sera probablement facile, dans un avenir prochain, de vendre le jus au degré saccharimétrique, et non d'après le poids des betteraves. C'est en réalité un problème d'intérêt commun au cultivateur et au fabricant.

778. La conduite est employée pendant quatre mois à peu près. Elle peut servir pendant le reste de l'année au transport de l'eau. Cet office a contribué, dans les premiers temps, au succès d'une fabrique dont l'alimentation n'aurait pu être augmentée sans ce transport. Les cultivateurs établis sur un plateau trop sec se sont engagés à faire de la betterave en retour de l'engagement de leur fournir de l'eau par la conduite, et ainsi fut fait.

779. Ces nombreux avantages ne sont pas, à beaucoup près, annulés par les dépenses : il est bien facile de le voir. Râpe et presses étaient nécessaires dans l'usine : le générateur n'est pas lui-même un surcroît : une fabrique ne marche plus avec un générateur unique; elle en a plusieurs et en augmente le nombre en raison de ses besoins. Les bâtiments eux-mêmes ne sont pas, en général au moins, une dépense excédante; il faudrait accroître ceux de la fabrique; la conduite est vraiment la seule dépense nouvelle en matériel. En ajoutant deux ou trois individus au personnel et une pompe foulante, tout le compte peut être fait.

Une conduite de 10 centimètres de diamètre coûte 7000 à 8000 fr., le kilomètre; supposons-la même de 28 ou 30 kilomètres, 30 soit : elle coûtera 240 000 francs; soit 24000 francs par année, intérêt et amortissement. Elle permet d'amener, en cent-vingt jours, 120 fois 2500 hectolitres ou 300000 hectolitres (1), c'est-à-dire le jus de 37 500 tonnes de betteraves au moins. Or il est ordinaire d'obtenir les betteraves à 2 et même 3 francs de moins par tonne à la râperie. On gagne donc 75000 à 112500 francs, ce qui compense large-

(1) 2700 par jour, soit 2500, arrêts et imprévu comptés.

Digitized by Google

ment les 24 000 francs d'intérêt, l'augmentation légère du personnel, etc., à la grande distance dont nous parlons.

La pompe foulante, nécessaire pour vaincre les résistances dans la conduite, exige, en moyenne, de 1 à 8 ou 9 chevaux de vapeur soit 5. Le cheval coûtant 2 francs par jour, la dépense, en cent-vingt jours, ne dépasse pas 1200 francs.

Le terrain, doit en certains cas, être compté en excédant. 1 hectare ne coûte jamais plus de 6000 à 10 000 francs; même à ce dernier prix, l'intérêt annuel est de 500 francs.

780. La liaison des râperies avec la fabrique nécessite des communications fréquentes. Aujourd'hui le télégraphe électrique rend ces communications presque instantanées.

781. PROCÉDÉ MAUMENÉ pour la CONSERVATION DES JUS. — Ici se place la conservation des jus dont je fais la base du *Procédé d'extraction du sucre* auquel je n'ai cessé, depuis plus de vingt années, d'amener les fabricants. Le sucre existe dans la betterave et dans la canne, ou d'autres végétaux, en quantité variable avec l'époque de la vie du végétal : nous l'avons vu (625) et on ne saurait trop le répéter. Il y a donc un intérêt sérieux à conserver le maximum du sucre, aussitôt produit; et il est nécessaire, pour cette *conservation*, de *préserver* le sucre, d'abord contre la diminution inévitable de sa proportion dans la betterave elle-même, et par conséquent de ne pas conserver la betterave, où il est impossible d'éviter les altérations, par l'eau et l'air, suivant le nombre des jours. Ce qu'il faut, c'est conserver le jus préparé pendant la période du maximum de sucre, et j'ai donné le moyen d'y parvenir aisément.

Il suffit, d'après mes expériences, de délayer dans le jus une quantité de chaux comprise entre 2 et 5 centièmes. Une partie seulement de cette chaux est immédiatement dissoute : le reste entre peu à peu en dissolution, jusqu'à 2,25 ou 2,50 centièmes, ou demeure emmagasiné pour parer aux accidents et entretenir le liquide au *summum* d'alcalinité. Le jus ainsi préparé doit être versé dans des bacs en fer, ou dans des citernes en maçonnerie dont la figure 159 re-

Digitized by Google

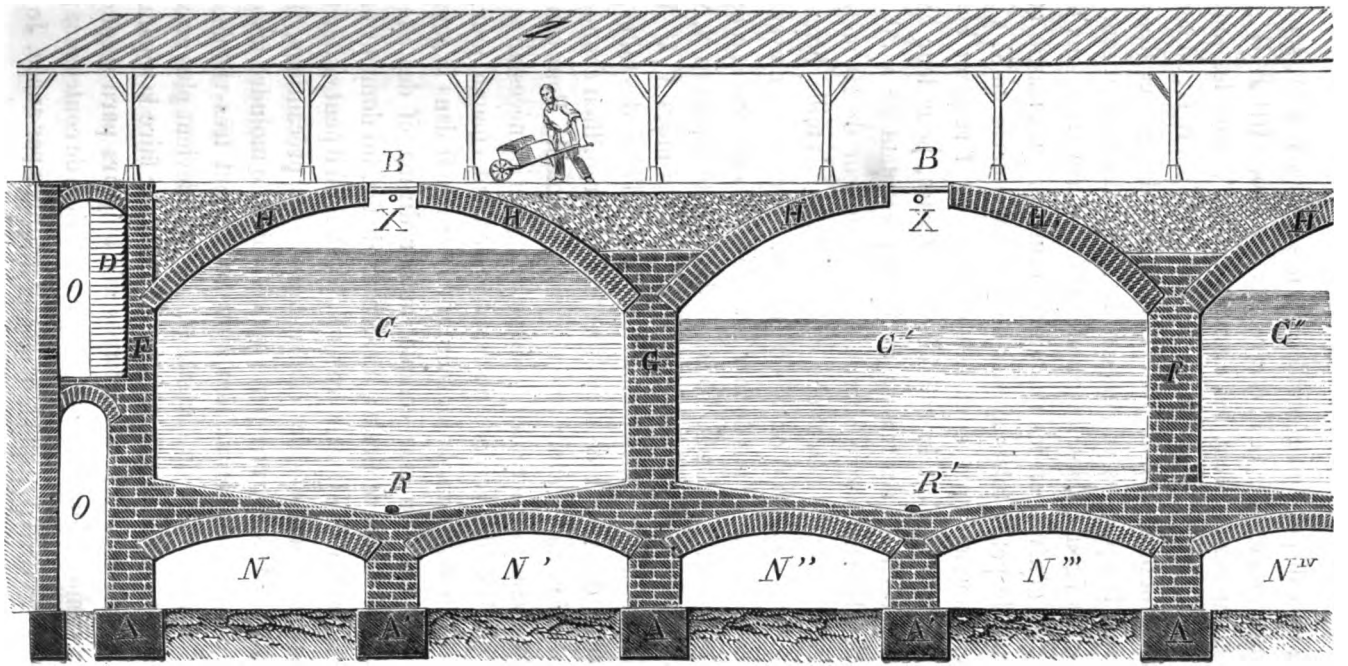


Fig. 159.

Digitized by Google

présente la disposition générale; sur des piliers A, A, A, sont élevés des murs en pierre F, G, F, contreforts des voûtes HH, H' H'', H''H'', sous lesquelles existent les citernes C, C', C'', dont les fonds ont deux pentes, au 1/10e, convergentes en des points R, R', où sont établis des robinets-vannes pour l'évacuation des jus et des dépôts calcaires. Des plaques ou tampons de fonte, absolument semblables à ceux des égouts, dans les grandes villes, permettent tous les travaux : en général, on les maintient fermés par un mastic et on y suspend de petits tubes ajustés dans la maçonnerie en X, X', pour aspirer l'ammoniaque dont l'atmosphère est fortement chargée. Ce qui importe c'est la solidité des citernes, pour leur confier, en toute sécurité, des masses de jus représentant 25 à 30 francs les mille litres. Chaque citerne a une longueur de 20 mètres ou davantage; avec 20 mètres elle contient 1200 fois mille litres, dont la valeur est de 30 000 ou 36000 francs. Les citernes doivent être assez solides pour ne pas donner la moindre crainte sur la *conservation* de ce jus. Les fonds, bâtis sur deux voûtes épaisses N, N', N'', N''', etc., ont une résistance garantie par les murs A', A'. Toutefois la meilleure construction n'est pas à l'abri des fuites, et ce qui serait dangereux ce serait une fuite ignorée. Bien connue, elle est bouchée avant d'avoir amené une perte notable. Pour connaître les fuites, sans aucun retard, je dispose les galeries nécessaires à une visite générale des parois : un homme descend chaque jour, plusieurs fois même dans la journée, par l'escalier D dans la galerie O, où il peut faire un tour complet autour du massif des citernes : plusieurs échelles verticales, à barreaux de fer, lui donnent ensuite accès dans la galerie O' et les caves N, N', etc., où il peut visiter toutes les parties inférieures des citernes. Avec ces précautions, il n'est pas possible de subir une perte appréciable. Le moindre tassement de la maçonnerie donne lieu à un suintement très-visible. On y remédie par un peu de ciment, et, si le mal devient plus grave, on transvase le jus d'une citerne dans l'autre pour faire la réparation.

La question du prix des citernes m'a toujours paru secondaire. Elles reviennent au plus à 3 francs par hectolitre de contenance; intérêt et amortissement compris, c'est 30 centimes par année. Je puis,

Digitized by Google

très-catégoriquement, demander à tous ceux qui ont examiné la question si le bénéfice de la conservation (*préservation*) parfaite d'un hectolitre de jus, au maximum de richesse, ne dépasse pas de beaucoup cette somme? Et ce n'est pas le seul avantage, comme on le verra dans les lignes suivantes.

Le jus de betterave est d'une altérabilité extrême : mais on n'a pas eu, jusqu'à présent, une idée tout à fait exacte de cette altérabilité. Elle est très-grande surtout à froid : presque tout le monde la considère comme *devant* être plus grande encore par la chaleur : et en cela presque tout le monde se trompe. Voici les faits :

Une certaine quantité de jus, abandonné à lui-même, ne tarde pas à se décomposer, *fermenter;* de rose, il devient rouge vineux, puis violet, puis noir, en s'altérant comme nous l'avons déjà vu § 693; son altération est certifiée par le changement de saveur, par l'examen optique, par l'action de la liqueur Trommer. Pour peu que les circonstances soient favorables (température chaude, accès de l'air, etc.), le sucre disparaît : il devient plus ou moins visqueux, puis acide, et, en peu de temps, le jus devient absolument impropre à fournir du sucre, du *grain ;* il ne donne plus qu'une mélasse de basse qualité, souvent assez altérée pour ne plus produire même de l'alcool, mélasse dont le prix deviendrait presque nul.

Cette altérabilité si facile est connue, dans les fabriques, depuis la naissance de l'industrie; elle avait frappé si fortement l'esprit du public, fabricants et ouvriers, qu'elle était envisagée comme inévitable et fatale.

782. La chaleur aide en général puissamment les altérations de cette nature. Aussi fabricants et chimistes ont-ils, en tout temps, regardé comme un danger des plus pressants l'exposition du jus brut à l'ébullition. Mais en cela, je puis le dire, on se trompe grandement. Le jus brut soumis à cette action, bien loin de s'altérer comme à froid, se trouve relativement préservé. Au bout d'un certain nombre d'heures, on le trouve moins altéré, par le chauffage, qu'une autre portion du même jus soigneusement défléqué. Voici l'une des expériences qui le prouvent :

Digitized by Google

1000 centimètres cubes de jus brut ont été chauffés, au bain d'eau bouillante, dans un ballon fermé par un bouchon dans lequel un long tube évitait l'évaporation.

1000 centimètres cubes du même jus traité par 3/100 CaO, puis carbonaté à froid, d'abord à 1/2000 et ensuite, après filtration, à 1/∞, ont été chauffés de la même manière. Les deux échantillons ont donné :

Temps du chauffage.	Jus brut.	Jus déféqué.
0h.....	72°.6 ↗.....	
2.30'.....	72°.6 ↗.....	72° ↗
11.....	69°.3 ↗.....	68° ↗
22.30'.....	66° ↗.....	64° ↗
30.30'.....	66° ↗.....	63° ↗
69.....	55° ↗.....	50° ↗
90.....	44°.5 ↗.....	32° ↗

Il est vraiment facile de comprendre cette infériorité dans la stabilité du jus déféqué. Le sucre y existe, en réalité, dans une eau plus pure, moins chargée de substances dont quelques-unes tendent, comme l'albumine, à produire du carbonate d'ammoniaque alcalin (§ 591) jusqu'à certain point protecteur du sucre.

783. Mais à froid, l'altération du sucre est rapide et profonde. Le *préserver* de cette altération, le *conserver*, a été longtemps un problème considéré comme insoluble, tant on avait essayé de solutions demeurées parfaitement vaines.

J'ai été assez heureux pour résoudre cet important problème et en donner une solution aussi simple qu'économique. Une longue étude de l'action des alcalis sur le sucre pur, d'une part, et, de l'autre, sur les matières qui l'accompagnent dans les végétaux, m'a prouvé que :

1° Le sucre pur uni à la chaux, dans une solution même étendue, se conserve intact pendant plusieurs années (1).

2° La chaux paralyse complétement les influences des matières étrangères qui, abandonnées à elles-mêmes, deviendraient *causes* ou *auxiliaires* de fermentation dans le jus.

(1) Ce fait, déjà reconnu par Peligot et d'autres chimistes, méritait cependant un examen de ma part, au moment d'en faire la base d'un procédé général.

Digitized by Google

3° Les jus bruts, additionnés de chaux en quantité suffisante pour former le sucrate de chaux libre en excès, deviennent d'une stabilité absolue pour plusieurs années comme l'indiquent 1° et 2°.

784. J'ai proposé alors le NOUVEAU PROCÉDÉ D'EXTRACTION DU SUCRE DE TOUS LES VÉGÉTAUX PAR LA CONSERVATION DES JUS dont voici la description sommaire :

Arracher les betteraves à leur maturité parfaite, les râper dans le plus court délai possible, ajouter au jus 5/100 de CaO. [On croyait alors que le sucrate de chaux complet renferme 3 CaO, ou moitié du poids du sucre (§ 61). La betterave étant considérée comme tenant en moyenne 10/100 du sucre, il faillait 5/100 de CaO]. Laisser le jus chaulé abandonné à lui-même, AUSSI LONGTEMPS QUE POSSIBLE, dans des réservoirs suffisamment vastes (citernes en maçonnerie, bacs en tôle, ou, en général, vases inattaquables par le sucrate de chaux) et traiter à volonté les jus, *déféqués à froid* (d'autant plus fortement que leur conservation a été plus longue), par l'acide carbonique, *en une seule carbonatation*, opération déjà bien connue alors. J'ai insisté sur les avantages de tout genre inhérents à ce procédé. Défécation plus complète ; beauté des jus, après la carbonatation, assez grande pour ne plus exiger de noir pendant l'évaporation et la cuite, facilité de travail pendant toute l'année, et enfin extraction presque complète du sucre cristallisable et suppression de la mélasse.

Depuis la première publication de ce procédé plus de vingt ans se sont écoulés. Des épreuves nombreuses ont prouvé la vérité absolue de mes assertions chimiques (1) ; mais financièrement et admi-

(1) Le docteur Stammer a prétendu : « 1° La richesse du jus conservé avec 5 pour 100 de chaux diminue peu à peu, de manière à produire une perte notable en sucre. 2° Le sucre, disparu du jus, se retrouve dans le dépôt calcaire, mais dans une combinaison tellement insoluble que l'acide carbonique ne suffit pas pour le redissoudre, et que bien certainement il reste perdu pour la fabrication. » — Tous les chimistes répondront pour moi : le prétendu composé de sucre et de chaux « tellement insoluble que l'acide carbonique ne suffit pas pour le redissoudre » est une chimère. Le docteur Stammer est certainement le seul à en parler ; il lui serait impossible de montrer ce composé.

La même objection m'a été faite par des fabricants : j'ai répondu, dans une

Digitized by Google

nistrativement, ses avantages ont été contestés, et le système n'est pas encore entré dans la pratique constante. Il me sera permis, je l'espère, de dire qu'il a été le point de départ évident, la véritable base de procédés connus sous d'autres noms : aujourd'hui je ne cède à aucun sentiment trop personnel en disant : les procédés Périer-Possoz, Frey et Jellineck étaient le procédé Maumené, employé pour une conservation de quelques heures, et débarrassé des citernes dont le prix a effrayé tous ceux qui les avaient cru toujours *nécessaires*. Je puis le dire, puisque de nombreuses personnes me rendent publiquement cette justice. Walkhoff surtout, et je suis heureux de l'en remercier publiquement aussi, veut bien écrire, page 27 du 2e volume de son ouvrage si justemement apprécié :

« Or, ainsi défini, ce procédé (Frey et Jellinek) n'est, ce me semble, qu'une réalisation pratique et heureuse de la méthode de Maumené qui, longtemps avant, recommandait l'addition de 2 à 5/100 de chaux au jus naturel à froid. » Et à la page suivante, note 1 :

« Il me semble, du reste, que le procédé Frey et Jellinek n'était point brevetable ; car la dose de la chaux qu'on ajoutait aux jus variait déjà auparavant, de 1/200 (défécation ordinaire) à 5/100 (Maumené) ; on ne pouvait donc breveter l'emploi de la chaux dans des proportions comprises entre ces limites. »

Walkhoff rejette tous les autres procédés, d'une manière absolue, comme faisant un avec le mien. Il avait cru d'abord à une certaine nouveauté dans le procédé Frey et Jellinek ; mais au moment

fabrique, par l'expérience suivante : deux *hectolitres* de dépôt calcaire, rassemblés de plusieurs chaudières en une seule ont été délayés dans huit *hectolitres* d'eau et carbonatés à saturation. Le liquide, passé au filtre-presse et cuit, sans noir, a donné 682 grammes d'une masse gommeuse, peu colorée, formée de sels solubles de chaux et ne contenant pas la moindre trace de sucre.

Je passe sous silence de nombreuses expériences analogues faites dans le laboratoire ; mais je puis affirmer avoir conservé des jus, sept ans et neuf ans, avec 5 pour 100 de chaux, sans aucune altération saisissable au saccharimètre.

Les observations du docteur Stammer n'ont, à mes yeux, aucun fondement réel.

Digitized by Google

où il en vient à écrire la note précédente, la vérité se fait complète en son esprit et il déclare ce procédé *non brevetable*.

Peut-être aurais-je évité toute difficulté, toute opposition contre mon système par l'adoption du mot *préservation* au lieu de *conservation*. Toute personne impartiale reconnaîtra que :

1° Le sens du mot *conservation* n'était pas autre que celui de *préservation ;* car une conservation, si elle eût été nécessaire, aurait exigé un délai précis ; je n'exprime nulle part cette idée, ni dans le mémoire présenté à l'Académie, ni dans mon brevet : il n'y a pas un mot relatif au *temps* de la conservation.

2° L'*extraction* du sucre était le but essentiel, la conservation n'était que le moyen de *préserver* le sucre de toute altération.

Je n'insiste pas : aujourd'hui tout contribue à diriger les fabricants vers l'adoption prochaine du système. Les nombreuses râperies fondées par Linard, sur la *préservation* que j'ai indiquée, permettent de râper les betteraves au moment précis de leur maturité. Elles peuvent fournir à la fabrique une masse de jus suffisante pour un travail continu, occupant tout le personnel pendant l'année entière, sans aucune interruption. Outre les avantages chimiques, il y a dans ce mode de fabrication de tels avantages économiques que, dans un avenir très-prochain, il me semble, on réalisera des conditions dont le bénéfice n'est plus contestable.

La puissance préservatrice de la chaux est si grande que je dois en citer ici une preuve dont les nombreux témoins sont encore vivants : en 1866, dans la fabrique de Seraucourt (où M. Thery père m'a témoigné des dispositions dont je suis heureux de faire publiquement honneur à sa mémoire), on avait mis à 5/100 de chaux 400 à 450 hectolitres de jus. Le tout était contenu dans de petits bacs de 10 à 15 hectolitres environ. Ces bacs sont restés, du 5 janvier au 14 juin, découverts, exposés à tous les accidents. Le jour où l'extraction du sucre allait être exécutée en présence d'une cinquantaine de fabricants, l'aspect du jus était si mauvais, pour les yeux de personnes non familiarisées avec les effets de la chaux, la quantité de mouches noyées, de débris de toute sorte et d'ordures, tombés ou jetés dans le jus, tellement grande, que la plupart des per-

Digitized by Google

sonnes présentes regardaient comme une folie de tenter l'extraction du sucre. Ces jus donnèrent, par la seule carbonatation, un liquide incolore comme de l'eau : quelques fabricants ne pouvaient en croire leurs yeux et il fallut un densimètre pour les convaincre. Le jus déféqué donna de belles cuites et un fort rendement de sucre d'une très-belle qualité (77/100 n° 16).

785. Lorsque, peu de temps après la publication de mon brevet, je réclamai contre les procédés de double ou triple carbonatation, carbonatation trouble, etc., on m'opposa le mot de *conservation* comme exigeant une durée plus ou moins longue : on ne voulait pas admettre le sens de *préservation*, malgré l'évidence des principes développés en tête du brevet, et, par exemple, de phrases telles que :

« Les efforts des chimistes et des fabricants pour *conserver le sucre cristallisable* des végétaux, pendant toute la durée d'une campagne, ont échoué jusqu'à présent. »

« Le sucre pur, candi, blanc, s'altère peu à peu dans l'eau pure, même à la température ordinaire : il se change en sucre incristallisable ou inverti. »

« Ce sucre pur ne subit aucune altération du même genre quand il est uni à la chaux. »

« La conservation de ces racines à l'air, dans des silos, des magasins, etc., ne peut jamais être parfaite. »

Cette phrase surtout peut-elle laisser le moindre doute? La *conservation* des racines est-elle autre chose que leur préservation ?

« ... Dans les betteraves les plus saines... le sucre doit peu à peu, *sous la seule influence de l'eau*, se changer en sucre incristallisable...; dans la durée d'une campagne, les racines les plus saines perdent au moins la moitié de leur sucre cristallisable, et comme l'action de l'eau est évidemment augmentée de celle des ferments, il est possible que le sucre cristallisable disparaisse tout entier, parfois, ce que l'expérience ne montre que trop. »

« La fabrication a marché jusqu'ici dans cette situation difficile : personne n'a su remédier à cette *destruction du sucre* dont on combat seulement la rapidité par des efforts peu efficaces. »

Digitized by Google

« Je propose aujourd'hui le moyen le plus simple de faire disparaître enfin le grand obstacle dont je viens de parler... Aussitôt les betteraves arrachées de terre, conduisons-les sur-le-champ aux râpes et aux presses pour en extraire le jus : à ce liquide *où le sucre est entièrement cristallisable*, ajoutons de suite une proportion suffisante de chaux pour convertir le sucre en saccharate, et nous pourrons évidemment conserver la liqueur, non-seulement pendant toute la durée de la campagne, mais même pendant plus longtemps, *si le besoin l'exige*. »

« Tout le sucre cristallisable sera conservé et pourra être extrait, le dernier jour comme le premier. »

Dans cette dernière phrase la confusion est-elle possible? *conservé* veut-il dire autre chose que *préservé*? je crois pouvoir le répéter sans crainte de réplique, surtout si l'on considère l'absence de toute indication de temps, parce qu'il n'y a pas de terme pour un de moyen préservation complète, tandis qu'il en faut nécessairement un pour une conservation.

Walkhoff est encore très-catégorique à ce sujet :

« Le reproche d'inconséquence qui fut adressé à Maumené est très-difficile à admettre. »

786. Mon affirmation est corroborée par toutes les personnes compétentes, autres que Stammer; dans son ouvrage, Walkhoff, dont l'impartialité frappante a un si grand prix, donne le résumé suivant d'expériences toutes spéciales : « Ainsi, dans des essais sur le procédé de Maumené, on trouva, en faisant usage de ce mode d'analyse (*Évaluation de la chaux par l'oxalate d'ammoniaque*) que le jus clair renfermait :

2.1384	p. 100	de chaux..	6/100	d'hydrate de chaux,	soit	4.54	de chaux pure.
1.68	—	..	4	—	—	3.02	—
1.0136	—	..	2.5	—	—	1.89	—

« *Ces doses de chaux avaient permis au jus de conserver intégralement sa teneur en sucre de* 12 *pour* 100 *jusqu'au commencement de mai.*

Digitized by Google

« Ces chiffres semblent indiquer un rapport à peu près constant entre la quantité de chaux dissoute qué retient le jus et la quantité ajoutée au début. Cette conclusion ne s'applique, il est vrai, dans ce cas, qu'à la défécation faite à froid et prolongée, pendant un temps considérable ; mais il semble probable qu'il existe une relation analogue avec le mode ordinaire de défécation à chaud. » Je reviendrai tout à l'heure sur ces dernières remarques. Pour le moment, il suffit d'insister sur la valeur de la phrase soulignée (1).

Basset n'est pas moins catégorique : Après avoir qualifié d' « *assertion gratuite* » le dire de Stammer, il ajoute : « La méthode de M. Maumené dénote un grand esprit d'observation et beaucoup de soins ; elle est d'ailleurs exacte, quant aux résultats prévus. Dans aucun cas, il ne peut être nécessaire de conserver le jus pendant plus d'une année. Or, nous avons constaté que des jus de betterave, de carotte et de sorgho, traités, selon les indications du procédé Maumené, se sont conservés, *sans altération et sans perte de sucre*, pendant plus d'un an, ce qui est très-suffisant pour justifier les affirmations de l'auteur » et un peu plus loin : « Nous pensons donc que le travail de M. Maumené mérite une attention d'autant plus grande qu'il émane d'un observateur scrupuleux et n'a pas été puisé, comme celui de tant de bruyants inventeurs, dans le domaine public » (2).

Vivien recommande le procédé dans son ensemble en termes des plus confiants à la conservation.

« Il serait très-avantageux (système Maumené) d'avoir un travail fort actif à la râpe, de façon à éviter ainsi les inconvénients inhérents aux rigueurs de la saison d'hiver (betteraves gelées, ou betteraves échauffées). L'excédant du jus, qui ne pourrait être travaillé immédiatement par l'usine, serait fortement chaulé et conservé, dans des réservoirs en maçonnerie (avec briques goudronnées et jointoyées au ciment de Vassy). La râpe pourrait marcher sans arrêter, et le jus chaulé se conserverait bien mieux que les betteraves en silos. On aurait le même rendement, fin de campagne, qu'au commencement

(1) *Traité de* 1870, t. II, p. 60.
(2) *Guide du fabricant*, 1872, t. II, p. 696.

Digitized by Google

et on économiserait les frais d'ensilotage et de surveillance pour la bonne conservation des betteraves » (1).

Je crois donc pouvoir, aujourd'hui, bien constater mon titre d'auteur unique du procédé général de traitement des jus bruts par la chaux, procédé de PRÉSERVATION avant tout, et d'amélioration de la qualité des jus, par une *défécation à froid*, quand on *conserve* ces jus, PRÉSERVÉS DE TOUTE ALTÉRATION DU SUCRE (mais où les matières étrangères ne cessent d'être modifiées et se séparent avec le temps), pendant la durée d'une campagne ou même pendant plusieurs années. Les jus n'exigent qu'une seule carbonatation à froid, et *deviennent plus beaux dans cette condition que dans toute autre*. Ils peuvent être cuits sans noir et donner le maximum de sucre, suivant la richesse de la betterave.

Tous les autres procédés, brevetés en France ou en Allemagne, n'ont rien ajouté à ma découverte et se trouvaient absolument compris dans mon brevet : on a commis une grande erreur en faisant valoir des prétentions contraires : j'en achèverai la preuve en parlant de la carbonatation un peu plus loin.

DÉFÉCATION DES JUS

788. L'opération la plus importante de toute la fabrication, c'est la défécation ou purification des jus. Au sortir des presses, malgré toutes les précautions, ces jus, qui pourraient être incolores, sont toujours colorés en rouge vineux, passant au violet et même au noir, suivant la quantité d'air absorbée pendant le râpage et le pressage.

Il est essentiel de bien comprendre en quoi consiste l'impureté des jus, et l'influence réelle de cette impureté sur les opérations ultérieures. Je vais essayer de le dire.

L'impureté doit être examinée à deux points de vue très-différents : le point de vue physique ou mécanique, et le point de vue chimique :

(1) *Cours de sucrerie*, p. 170.

Digitized by Google

1° Impureté physique. Les jus contiennent des matières dont la présence nuit à l'extraction du sucre; sans causer directement sa décomposition et sa perte, mais uniquement en rendant les sirops plus épais, plus visqueux, le sucre entremêlé de filaments insolubles, colorés, etc. Ces effets peuvent être produits, on le conçoit, en dehors de toute altération chimique du sucre.

2° Impureté chimique. Mais il y a une autre impureté, la plus dangereuse, celle qui peut occasionner l'inversion du sucre, sa transformation en produits non sucrés et d'un goût désagréable, en sels alcalins et calcaires, etc. Les acides, comme nous l'avons vu (§ 44), sont on ne peut plus redoutables. Si la betterave ou la canne n'en renferment pas, les jus et les pulpes, ou bagasses, ne tardent pas à en produire sous la seule influence de l'air. A la vérité, les acides ainsi formés sont de nature organique et peu puissants en eux-mêmes mais leur mélange naturel avec les sels de la plante dont les acides sont minéraux (sulfates, chlorures, azotates, etc.), met nécessairement en liberté des quantités de ces acides minéraux dont les plus petites sont à redouter.

789. D'un autre côté, les matières azotées des jus peuvent assez aisément subir des transformations du genre de celles que j'ai fait connaître et dont j'ai cité plusieurs exemples dans l'étude des actions chimiques appelées fermentations (§ 253); enlever ces matières serait certainement une opération favorable et en tout cas incapable de nuire à l'extraction du sucre.

On appelle *défécation* toute opération destinée à remédier, d'un seul coup, aux difficultés causées dans la suite du travail par les deux sortes d'impureté que je viens de définir. Il faut, en effet, chercher la solution de ce problème dans la voie la plus économique, et la première condition de l'économie est évidemment de faire une opération unique. Toutefois cet unique travail peut être fait dans deux circonstances très-distinctes, *à froid* ou *à chaud*. Nous allons étudier la différence.

790. *Défécation à froid. — Méthode Maumené.* — Jusqu'à présent la seule méthode connue est celle que j'ai conseillée dans

Digitized by Google

mon brevet de 1855. Chaulage du jus avec au moins 3/100 de chaux, 5/100 au plus, et abandon du mélange à lui-même dans des bacs, des citernes, etc., suivant la durée de conservation dont on veut obtenir les effets.

La chaux est un agent de défécation très-puissant, au double point de vue désigné dans les lignes qui précèdent. Au point de vue mécanique, elle occasionne immédiatement une précipitation de la pulpe, *grossière* ou *folle*, échappée aux machines de préparation des jus; elle entraîne dans le dépôt, formé par son *excès*, par la partie dont le sucre ne peut opérer la dissolution, non-seulement cette pulpe, mais tous les corps solides, plus ou moins divisés, qui restaient en suspension. Au point de vue chimique, elle sature immédiatement les acides, forme avec une partie d'entre eux un dépôt de sels calcaires, très-peu solubles, et décompose tous les sels ammoniacaux dont l'ammoniaque est immédiatement dégagée, parce qu'elle n'est presque plus soluble dans le jus saturé de chaux ou de sucrate calcaire. A la longue elle transforme les matières azotées, asparagine, etc., en acides azotés avec lesquels on la trouve unie, surtout dans le dépôt insoluble. Au bout d'un an même, tous ces effets, plus ou moins développés suivant la richesse des jus, la température, etc., ont amené une défécation ou purification mécanique et chimique de plus en plus prononcée, sans JAMAIS occasionner la plus faible altération du sucre. J'insiste sur le mot *jamais*, parce que je ne saurais trop affirmer ce fait si important, malgré les contradictions incertaines de Stammer, dont les expériences sont inexactes.

791. *Défécation à chaud.* — Cette méthode est très-ancienne : elle a été mise en pratique d'abord pour la canne et beaucoup plus tard pour la betterave. Il n'est pas sans intérêt de rappeler ici comment on opérait pour le sucre de canne longtemps avant 1789. Les ingrédients « dont on se sert dans nos colonies », dit Lebreton (1), «sont une lessive de cendres et de chaux qu'on délaye dans le même vin de canne »... « deux livres de chaux et une livre de cendre qu'on

(1) *Traité sur les propriétés et les effets du sucre*, 1789.

Digitized by Google

détrempe dans quinze ou vingt pintes de vesou. » On faisait varier les proportions suivant l'état du jus. « La lessive de chaux et de cendres, qui est alcaline comme on le sait, a beaucoup d'affinité avec les matières grasses ou muqueuses, avec lesquelles elles forme un mélange savonneux, et facilite la séparation et la formation du grain. Son alcali s'empare de l'excès d'acide du sucre (Boucherie, raffineur à Bercy, prétend qu'il n'y a point d'excès d'acide dans le vesou et que la lessive ne sert qu'à la défécation du vin de canne; c'est une vérité qu'il a, dit-il, démontrée à MM. Macquer et Darcet) et forme avec cet acide un sel indissolubile qui se précipite, ou s'élève avec les écumes. Les autres espèces d'alcalis peuvent bien aussi absorber l'excès d'acide du sucre, mais ils forment des sels qui restent en dissolution dans la liqueur et ne s'en séparent pas comme le sel à base terreuse. Une autre propriété de la chaux est de donner du corps à l'écume qui, sans cela, serait beaucoup plus molle et passerait à travers les trous de l'écumeresse. Sans l'eau de chaux, plusieurs matières de sucre, même assez blanches, ne produiraient qu'une pâte épaisse, pleine d'un grain très-fin et très-mollet, dont le sirop aurait beaucoup de peine à se séparer. On mêle aussi dans la lessive du sang de bœuf, dont l'effet est de former comme un réseau qui rassemble les molécules savonneuses, les composés des particules de la chaux et des parties visqueuses du vesou, et de les porter en écumes à la surface de la liqueur. »

Il n'est pas possible d'ajouter, même aujourd'hui, quelque fait saillant à ceux dont on vient de lire le tableau. L'action de la chaux s'y trouve indiquée et expliquée, presque dans les mêmes termes reproduits très-souvent depuis cette époque. On a renoncé, pour la betterave, à l'emploi de la cendre, dont les effets seraient pourtant favorables, comme pour la canne; on a cru bien faire, car la potasse caustique ainsi produite, entre les cendres et la chaux, ne forme pas de sels insolubles : elle se concentre dans les bas produits et les mélasses, et peut les changer en poisons redoutables. Le fait a été reconnu autrefois dans les colonies. « Les sirops fins, dit encore Lebreton, sont ceux qui sortent du sucre après qu'on l'a *terré*, ou couvert de terre; ces sirops sont malfaisants. Quelques nègres en

Digitized by Google

ayant employé dans leurs ragoûts en ont été non-seulement incommodés, mais plusieurs même en sont morts » (p. 100).

La défécation par la chaux et la chaleur a été employée dès les premiers jours pour la betterave. Elle a été conseillée, non par Achard, le *premier fabricant*, mais par Lampadius, chimiste suédois qui a tracé d'un seul coup, avec un grand talent, les voies économiques de la fabrication où l'on a marché, depuis, en les perfectionnant, mais sans en augmenter le nombre. Lampadius a conseillé (1) :

1° Un moulin à râpe « qui en très-peu de temps produit un grand effet » — c'est la râpe en usage aujourd'hui (§ 669).

2° La défécation par la chaux et le charbon — suivie d'une clarification avec du lait écrémé, ajouté au jus refroidi puis réchauffé. Le charbon enlève le principe colorant et celui qui a une saveur amère.

3° Le chauffage par des tuyaux immergés dans les jus.

4° La concentration préalable des jus par la congélation — peu coûteuse dans son pays. — On peut réduire les jus au tiers.

5° L'emploi du sucre en poudre pour faciliter la cristallisation des sirops.

6° L'emploi de la presse pour séparer les cristaux d'avec la mélasse.

7° L'emploi de l'alcool pour extraire le sucre. Les mélasses épuisées peuvent fournir cet alcool à bon marché.

Lampadius a en outre signalé « de ne pas laisser reposer trop longtemps le suc de la bette qui vient d'être exprimé : autrement il ne tarderait pas à s'altérer, et alors il serait impossible d'en obtenir du sucre cristallisé. Il a montré la nécessité d'une bonne culture et proposé un *engrais chimique*, un mélange de diverses substances dans lequel « la végétation de la plante se fera avec tout le succès qu'on peut désirer ».

792. Le lecteur éprouvera de la surprise à la lecture de ces lignes : bien peu d'hommes ont envisagé d'un œil aussi pénétrant l'avenir d'une industrie, et Lampadius est fort peu connu. Sans avoir

(1) *Ann. de chim.*, XXXVIII, 76.

Digitized by Google

montré le génie de Papin, il a fait des inventions nombreuses qui se rapprochent, pour le sucre, un peu de celles de Papin pour la vapeur.

Pendant longtemps, la défécation a été faite comme le conseillait Lampadius. La chaux a été ajoutée, en lait, à la dose de quelques millièmes, cinq au plus, dans le jus brut immédiatement après son extraction, et en portant de suite le liquide à la température où il peut bouillir. On produit ainsi des *écumes* et un *dépôt;* c'est-à-dire que sous la double influence de la chaux et de la chaleur, *les matières étrangères au sucre* produisent certains composés calcaires dont les uns, rendus légers par des gaz, montent à la surface du liquide en une écume épaisse, ferme, presque cassante, tandis que les autres, plus denses que l'eau sucrée, tombent au fond du liquide avec les impuretés physiques, les pulpes folles ou grossières, le résidu de la chaux, etc., etc. Entre les écumes et les dépôts se trouve un jus limpide, *plus ou moins coloré*, débarrassé, autant que possible, on le croyait, des matières différentes du sucre et précipitables par la chaux.

Plus tard on a cru reconnaître l'avantage de quantités plus grandes de chaux : on a porté la dose à 10 et 15 millièmes, au risque de former un sucrate de chaux avec une partie du sucre, ce sucrate pouvant être facilement décomposé, par les acides, en sucre, ainsi rendu à l'extraction, et en sels de chaux plus ou moins faciles à séparer. Dans les premiers temps, on ne craignit pas de produire cette décomposition par l'acide sulfurique; mais on ne tarda pas à reconnaître le double inconvénient de perdre une certaine quantité de sucre cristallisable d'une part, et de former, d'autre part, une matière incrustante des plus nuisibles au travail et à l'entretien des appareils, le sulfate de chaux. Barruel conseilla l'acide carbonique, le seul acide dont les avantages sont hors de toute proportion avec les inconvénients. L'application en grand fut réalisée par Rousseau, puissamment aidé par Cail père. Peu à peu la défécation reposa, presque tout entière, sur l'action du carbonate de chaux et prit le nom de *carbonatation*.

Lorsque mes recherches eurent montré la puissance de la chaux

Digitized by Google

pour déféquer les jus bruts, même à froid, et pour les préserver de toute altération, quelque longue que fût leur conservation avec de fortes doses de cette terre alcaline, on fit la défécation à chaud avec ces fortes doses, sans avoir à redouter d'inconvénients, habitué, comme on l'était, à la carbonatation, et surtout parce que le filtre-presse mis en pratique à cette époque rendait la filtration des écumes et dépôts facile et rapide. On modifia mon procédé général en plusieurs variantes, *carbonatation trouble*, *double* ou même *multiple carbonatation*, etc., mais sans rien changer d'essentiel.

793. Examinons les effets de la défécation par la chaux. Demandons-nous :

1° Quelle différence existe entre l'action de la chaux à froid et sous l'influence de la chaleur?

2° Quelle proportion de chaux est vraiment la meilleure dans les deux cas?

3° Un autre alcali peut-il remplacer la chaux avec avantage?

794. 1° *Action de la chaux à froid.* — Le premier effet de la chaux, comme de tout alcali serait de neutraliser le ou les acides libres du jus sucré. Mais nous avons vu que ni la betterave (§ 597) ni la canne (§ 633) n'offrent d'acide en quantité appréciable. L'acidité est due, en général, à de l'acide carbonique et la quantité en est assez faible pour ne pas être comptée dans une appréciation du rôle de la chaux.

795. Le second effet consiste à produire avec le sucre un composé plus ou moins alcalin (§ 62). Sous ce rapport, il est assez important de savoir si ce composé peut rester dissous, en toute circonstance, ou devenir insoluble, en plus ou moins grande partie, et tomber dans les dépôts.

La betterave, quelque riche en sucre qu'elle puisse être, ne forme jamais de sucrate insoluble. En effet le maximum de densité du jus ne dépasse jamais 106, quand la betterave n'a pas éprouvé de dessiccation (§ 583), ou 107 quand elle est restée plus ou moins de temps à l'air sec, au moins dans les circonstances ordinaires. Ces deux

Digitized by Google

densités admises comme dues uniquement à du sucre correspondent :

La première à..... 16gr.29 dans 1 litre,
La deuxième à..... 18gr.97 dans 1 litre (§ 25),

et ces doses de sucre ne peuvent pas prendre plus de :

3gr.71 de chaux pour la première,
4gr.32 de chaux pour la deuxième (§ 63).

La densité de cette dernière solution ne dépasse pas 1108, tandis que l'eau peut prendre assez de sucrate calcaire soluble pour atteindre 1179. Il y a donc lieu de croire, *théoriquement*, à la parfaite solubilité du sucrate formé, par un excès de chaux, dans les jus de betterave les plus riches, à moins que les matières étrangères n'altèrent le *milieu* et ne rendent le sucrate moins soluble; mais il n'en est rien. L'expérience prouve que la chaux est dissoute dans les jus sucrés comme si le sucre de ces jus ne renfermait rien en dehors de l'eau et du sucre; la densité augmente de la même manière, et, ce qui est décisif, les dépôts traités par l'acide carbonique ne donnent jamais trace appréciable de sucre cristallisable (note du § 784). Dans la canne, les craintes de production du sucrate insoluble paraissent plus probables. La densité des jus peut atteindre 1085, peut être 1090, ce qui est très-rare; mais même à ce haut point, le sucrate formé par un excès de chaux ne produit pas plus de 1139 en dissolution complète, et nous sommes encore assez loin de 1179 pour pouvoir être assuré de conserver tout le sucre dans la dissolution, d'autant plus que les jus de canne contiennent relativement moins de matière étrangère que ceux de betterave, et sont plus rapprochés de l'eau sucrée pure. Les analyses de leur dépôt ne fournissent pas de sucre.

Le degré saccharimétrique ne change pas, même après sept, huit, neuf ans. Les jus sont moins altérés que ceux de la betterave.

796. Le troisième effet de la chaux est celui qu'elle produit sur les matières étrangères, problème compliqué, non-seulement par le nombre de ces matières, mais surtout par le peu de précision obtenu jusqu'ici relativement à leur proportion, à leur action avec

Digitized by Google

la chaux et même par l'incertitude où nous sommes de l'existence, ou non-existence, d'autres matières encore indéterminées, mais qui peuvent exister à notre insu dans tous les végétaux saccharifères.

Essayons pourtant de juger cette action, ou plutôt ces actions.

Nous avons vu que l'albumine, au moins celle des œufs, n'éprouve aucune action, même après beaucoup de temps (§ 591, 2°); il en est probablement de même des autres matières azotées, si ce n'est de l'asparagine qui semble passer peu à peu à l'état d'aspartate, puis de malate d'ammoniaque, et forme immédiatement, à mesure de cette altération, de l'aspartate et du malate de chaux avec dégagement d'ammoniaque. C'est certainement par suite de ces transformations que se produit l'ammoniaque formée continuellement dans les flacons et les citernes où l'on conserve des jus chaulés, ammoniaque dont la perte serait plus coûteuse que l'intérêt du prix des voûtes nécessaires pour couvrir les citernes.

Parmi les matières non azotées, il en est qui peuvent subir des transformations plus ou moins rapides, mais dont les résultats sont encore peu connus. Il est fâcheux que la rapidité de ces transformations ne soit pas beaucoup plus grande, car elles consisteraient, d'une manière générale, en une formation de sels de chaux, dont les acides auraient un équivalent peu élevé (§ 254), et seraient de moins en moins solubles. Une défécation presque complète serait ainsi produite en peu de temps et fournirait des sirops d'où l'extraction du sucre n'offrirait plus de grandes difficultés.

Au nombre des matières non azotées se rangent des sels, à acides minéraux ou organiques, et dont les bases sont la potasse et la soude. Une partie de ces sels éprouve une décomposition complète, d'où résulte un sel de chaux insoluble et de la potasse ou de la soude caustique. Cette action n'aurait pas, en elle-même, une importance notable si la potasse, ou la soude, à l'état caustique, ne pouvait exercer une grande action dont elles sont seules capables, ou du moins bien plus capables que la chaux, sur les composants du sucre inverti (§ 126) quand la température s'élève.

797. En fait, la défécation des jus à froid présente un progrès

Digitized by Google

lent, mais continuel. Rien dans leur aspect n'avertit de leur purification : leur couleur reste à peu près la même, brune, foncée; leur odeur ne change pas, c'est toujours l'odeur franche de la betterave, augmentée de celle de l'ammoniaque; le dépôt calcaire change peu; toutefois un œil attentif remarque sa plus grande condensation, la formation à sa surface d'une couche mince d'un dépôt blanc : c'est un composé calcaire, renfermant de l'azote, et dont la texture est organique; on peut l'enlever parfois en assez grandes lames pour envelopper sa main comme d'un gant lisse, un peu élastique, et à reflets nacrés. Ces signes, si faibles, sont corroborés par la beauté et la pureté des jus carbonatés en laissant une très-petite quantité de chaux, 1/2000 à 1/10,000. Toujours, après quelques mois de conservation, ces jus sont incolores comme de l'eau (1), si les betteraves mises en emploi n'étaient pas altérées notablement.

798. *Action de la chaux et de la chaleur.*— Les effets généraux ne diffèrent des précédents que par la rapidité. Nous pouvons même nous en préoccuper très-peu, sauf d'un seul, celui dont le sucre inverti est la principale cause. A froid cet effet ne se produit pas : le glucosate et le chylariosate, lorsqu'il s'en produit même des quantités notables, restent dissous et sans couleur : toute la matière colorante du jus brut étant précipitée dans les dépôts calcaires; mais à chaud l'effet est très-intense et d'une suite considérable pour la fabrication. Le chylariosate passe, en quelques instants, à l'état de mélassate (§ 151) coloré en brun foncé dont une quantité, même très-petite, de l'ordre des *traces*, suffit pour colorer une énorme masse de jus. De là, de cet effet si simple, découle un des embarras les plus gênants pour la fabrication. Je crois devoir insister de toutes mes forces à son égard, car il est, même aujourd'hui, trop peu compris pour ne pas exiger des détails précis, catégoriques.

Les jus, de betterave ou de canne, ne renferment pas de sucre inverti dans leur état normal parfait (§ 585 et 622); la défécation, à froid ou à chaud, ne peut donner de couleur, à aucun moment de la

(1) « Dans aucune autre méthode de fabrication, je n'ai obtenu des jus aussi beaux. » (Walkhoff, t. II, p. 111.)

Digitized by Google

fabrication, par une action de la chaux; mais plus les végétaux ont une date de récolte lointaine, plus les lésions de leur tissu sont nombreuses et profondes, plus la quantité de sucre inverti augmente, au point de ne plus laisser trace de sucre cristallisable dans des cas de mauvaise conservation, extrêmes si l'on veut, mais cependant pas très-rares. Alors l'action de la chaux, bien loin de rester favorable, comme avec les jus purs ou sains, devient de plus en plus fâcheuse en raison de la proportion du sucre inverti. Son emploi doit être réglé; sa proportion, pour les défécations à chaud, très-fortement diminuée, presque aux limites de la défécation ancienne, celle de Lampadius, lorsque les betteraves sont vieilles, c'est-à-dire à mesure de l'avancement des campagnes. J'ai signalé cette nécessité depuis bien longtemps dans mon brevet de 1855 : « la formation du saccharate avec le sucre cristallisable n'a presque pas d'avantage *dans ces conditions*, car le sel analogue formé par le sucre incristallisable » — ou sucre inverti — « est le seul qui s'altère; et plus on met de chaux, plus il se décompose et se colore. Ainsi employée, la chaux n'est pas utile : elle est bien plutôt nuisible comme l'expérience l'a montré. »

Les carbonatations multiples offrent, sous ce rapport, un véritable danger. Pendant la première, on décompose une grande partie du chylariosate, et si la couleur du mélassate ne paraît presque pas dans le jus reposé, c'est par suite de son entraînement dans le dépôt calcaire sous l'influence de la chaleur. Pendant le refroidissement, ce sel rentre en partie en dissolution; la chaux nouvelle en développe une nouvelle proportion, et si la filtration n'est pas suffisamment rapide, une partie reste dissoute, et éprouve une altération, plus ou moins profonde, après le passage au travers du noir, pendant la concentration des sirops : la coloration de ces derniers n'a pas d'autre cause (celle qui résulte de la simple concentration peut être négligée). Il est donc essentiel de diminuer la chaux dans le système actuel de travail, de plus en plus vers la fin des campagnes et par une double raison : la coloration brune n'est pas le seul inconvénient : la formation de tout sel organique de chaux, soluble, est un obtacle sérieux contre la rapidité des évaporations et des *cuites*. Les

Digitized by Google

cuites dormantes résultent de l'existence des sels solubles de chaux non décomposables par l'acide carbonique, comme le sont ceux dont l'action du sucre inverti et de la chaux est la source inévitable et toujours très-active.

799. Un autre alcali peut-il remplacer la chaux?

La réponse à cette question n'est pas très-facile : au premier coup d'œil on croirait les alcalis les plus puissants, la potasse ou la soude, moins avantageux que la chaux. Ces deux corps ne donnent pas d'écumes insolubles en quantité notable (j'entends écumes et dépôts), ils ont plus d'action sur le sucre inverti dont ils produisent la coloration plus rapidement; en un mot, ils semblent ne pas produire de défécation, au sens ordinaire de ce mot, en dépuration véritable : d'ailleurs ils coûtent plus cher que la chaux. Tout se réunit pour éloigner d'eux. Mais la question a-t-elle été l'objet d'une étude suffisante? On s'est préoccupé de la couleur des cuites avec raison, mais cette raison ne doit pas être exagérée. Les sirops chargés de potasse conservent une fluidité relative très-favorable au turbinage, et c'est un mode de défécation dont la valeur mériterait une mesure.

Un mélange de potasse ou de soude et de chaux ne vaudrait-il pas mieux que la chaux ou la potasse seule? On peut presque répondre affirmativement, puisque l'usage de ce mélange était ordinaire autrefois dans les colonies, et donnait de très-bon sucre. Il serait utile de revoir ce mélange; probablement son étude ferait connaître des proportions avantageuses et préférables à l'emploi de la chaux seule. Un mélange convenable éviterait, je crois, les cuites dormantes, au moins dans un très-grand nombre de cas. Nous y reviendrons en parlant de la cuite.

Il existe certainement un alcali dont on pourrait tirer un grand parti, non pas pour la défécation proprement dite, mais pour épurer le sucre. Cet alcali, c'est la baryte : malheureusement son prix est encore trop élevé. J'examinerai ses effets en étudiant les divers procédés pour l'épuration des jus.

Si l'oxyde de plomb ne formait pas de composés vénéneux, les

Digitized by Google

sels solubles de plomb pourraient servir à la défécation des jus avec de grands avantages. L'acétate tribasique surtout produit une défécation absolue, ce n'est pas trop dire : on l'emploie à ce titre dans les essais polarimétriques (§ 354) et il est facile de connaître, par une seule expérience, à quel point il rend aisée l'extraction du sucre normal. On verse dans un litre de jus, par exemple, de l'acétate basique, jusqu'à cessation de précipité : on filtre et on lave le précipité; la liqueur totale contient un peu de plomb en dissolution. On la soumet à un courant d'hydrogène sulfuré; le plomb est changé en sulfure noir et, par une nouvelle filtration, ce sulfure est complétement séparé : la liqueur obtenue sous le filtre est encore souillée par un peu d'hydrogène sulfuré. Mais ce gaz est facile à dégager par la chaleur : on fait évaporer dans le vide; le gaz part avec les premières vapeurs d'eau, le sirop cuit n'en conserve aucune trace et donne, par refroidissement, une cristallisation magnifique, on ne peut plus facile à turbiner. — Sans me dissimuler les fortes objections contraires à l'adoption de ce système, je dois dire toute ma pensée : les avantages compenseraient, et au delà, les inconvénients et les dangers. — Ce n'est pas maintenant le moment de le prouver : je prie mes lecteurs de lire cette démonstration dans la note présentée à la fin du présent Traité.

800. *Appareils de défécation et de carbonatation.* — La chaux étant l'agent de défécation, et l'acide carbonique l'agent nécessaire pour enlever cette chaux, en l'amenant à l'état de carbonate insoluble dans l'eau pure et, presque au même degré, dans les jus sucrés, il est naturel de produire la chaux dans les fabriques, puisque le moyen le plus simple d'obtenir cette chaux consiste à calciner le carbonate naturel facile à trouver partout et dont la calcination dégage précisément l'acide carbonique, en quantité chimiquement équivalente, c'est-à-dire suffisante pour la carbonatation. On exécute dans les fabriques deux opérations exactement inverses :

1° Préparation de la chaux et de l'acide carbonique.

$$\underbrace{CaO.CO^2}_{\text{Carbonate de chaux (pierre à chaux).}} = \underbrace{CaO}_{\text{Chaux.}} + \underbrace{CO^2}_{\text{Acide carbonique.}}$$

Digitized by Google

2° Défécation et carbonatation.

$$\underbrace{CaO}_{\text{Chaux (de défécation).}} + \underbrace{CO^2}_{\text{Acide carbonique (gaz de carbonatation).}} = \underbrace{CaO.CO^2}_{\text{Carbonate de chaux (écumes ou dépôts de carbonatation).}}$$

Les opérations représentées par ces deux formules inverses n'ont pas la simplicité dont ces formules donnent l'idée : elles offrent des complications où il n'est possible de bien diriger le travail qu'avec une connaissance exacte des détails dans lesquels nous allons entrer.

801. *Préparation de la chaux.* — Le carbonate de chaux tout à fait pur n'est pas commun : sans parler du type du spath d'Islande, substance très-rare, ni même des variétés cristallisées dont on rencontre, un peu partout, des quantités plus considérables, il est difficile d'obtenir un carbonate chargé de moins de 1/20 de corps étrangers, et, même dans cette proportion assez faible, les corps étrangers ont une influence notable sur la rapidité de calcination du carbonate et sur les propriétés de la chaux les plus utiles au fabricant de sucre.

Le carbonate naturel, la pierre à chaux, appartient à plusieurs types distincts.

1° Précipité dans une masse d'eau. Ce type offre deux subdivisions :

A. Précipité par une action chimique comme celle du chorure de calcium et du carbonate de soude. Certaines craies appartiennent à cette subdivision.

B. Précipité par la décomposition du bicarbonate qui, exposé à une pression moindre, laisse dégager la moitié de son acide carbonique et se réduit à du carbonate neutre.

$$CaO.(CO^2)^2 = CO^2 + CaO.CO^2$$

En pareil cas, le carbonate, provenant de la décomposition, acquiert une consistance plus ou moins grande, suivant la lenteur, ou la rapidité, de cette décomposition : cette consistance est égale à celle d'une multitude de carbonates naturels : des calcaires travertins, des

Digitized by Google

incrustations formées par un très-grand nombre d'eaux (Saint-Allyre en Auvergne, Saint-Philippe en Toscane, et même toutes les sources émanant de terrains calcaires ; les deux tiers des sources en France, etc.)

C. Précipité par le passage à l'état fossile d'un nombre immense d'infusoires ou d'animaux plus volumineux. Certaines craies sont formées par cette fossilisation. Plusieurs calcaires, tertiaires ou autres, ne sont qu'un assemblage de coquilles fossiles, etc., etc.

2° Fusion du carbonate sous une très-forte pression.

Certains marbres ou calcaires primitifs paraissent avoir cette origine. Une expérience célèbre de Hales a montré la transformation de la craie en marbre par la calcination dans une boîte de fer, épaisse, exactement remplie et hermétiquement fermée.

Les variétés de calcaire sont innombrables : elles sont formées souvent par le mélange de matières étrangères qui les colorent et les modifient, plus ou moins profondément, à la température rouge des fours à chaux. Voici des analyses qui le feront comprendre :

	Spath rhomboédrique			Carbonate					
	théorique.	Islande.	Mexique.	lamelleux.	compacte.	Craie (Reims).	Craie (Epernay).	Calcaire (Guignes).	Donnant chaux hydraulique.
CO^2....	44.00	43.70	44.60	42.76	43.30	42.44	41.18	43.86	35.73
CaO...	56.00	56.15	51.38	35.38	55.10	54.01	52.40	55.82	45.15
MgO...	.....	.....	4.21	5.51	.....	.....	.....	.....	.....
FeO...	.....	.....	....	10.74	.....	0.08	0.11	0.03	.....
MnO...	.....	15	....	4.01	.....	.....	.....	.....	.....
Argile.	.....	.....	....	1.40	1.60	3 26	6.21	0.17	18.10
	100.00	100.00	99.19	99.80	100.00	99.79	99.90	99.88	98.98

802. A la calcination, ces pierres à chaux donnent des chaux très-diverses. La meilleure est celle qui provient d'un carbonate exempt de fer, de manganèse, de silice et d'argile; l'oxyde de calcium, la chaux proprement dite est la matière la plus capable de s'unir au sucre et d'en être séparée ensuite par l'acide carbonique. Si la magnésie peut être assimilée à la chaux (§ 74), il n'en est pas de même des corps dont on vient de lire les noms. Ces derniers sont un résidu tout à fait inutile; en outre, les deux derniers surtout, la

Digitized by Google

silice et l'argile, ont l'inconvénient plus grave d'entraîner une perte de chaux, en formant du silicate ou du silico-aluminate de chaux. Cette perte n'est pas du tout négligeable; elle est au moins d'un poids égal à celui de la silice ou de l'argile, et peut-être même d'un poids plus grand.

A la vérité, la chaux est presque toujours d'un prix peu élevé : quelques centièmes d'impureté ne causent pas au fabricant un bien grand préjudice; mais il n'est pourtant pas sans intérêt d'étudier la composition des pierres à chaux et de la chaux qui en provient, pour assurer de la constance aux proportions de chaux réelle dont on fait usage, et diriger la conduite du four, où la production de chaux et de gaz varie d'une manière continuelle, et entraîne des pertes notables de temps et d'argent, des irrégularités de carbonatation très-nuisibles, etc.

FOURS A CHAUX

803. Les fours à chaux ont été étudiés pour remplir au mieux les conditions de leur destination spéciale, la fabrication du sucre. Voici la forme adoptée presque généralement :

IK (fig. 159) est le massif conique du four : en briques réfractaires à l'intérieur avec une chemise de briques communes extérieurement. La hauteur du four est de 12 à 16 mètres (la figure est au 1/100). La sole, un peu élevée au-dessus du terrain environnant, forme le fond d'une capacité d'abord cylindrique jusqu'à 2 mètres, hauteur supérieure à celle des foyers C; au-dessus, le four est conique jusqu'à 10 mètres, puis il se termine par une autre capacité conique, à angle plus obtus, sur une hauteur de 2 à 3 mètres; la voûte est percée à son sommmet d'un trou assez large pour contenir un entonnoir A en fonte, à la partie inférieure duquel est logé facilement un cône déverseur F, aussi en fonte, capable de s'abaisser de 11 centimètres brusquement sous l'action du levier, et de laisser tomber ainsi toute la charge de pierre mêlée de coke, régulièrement autour de l'axe vertical et central du four. Le mélange

Digitized by Google

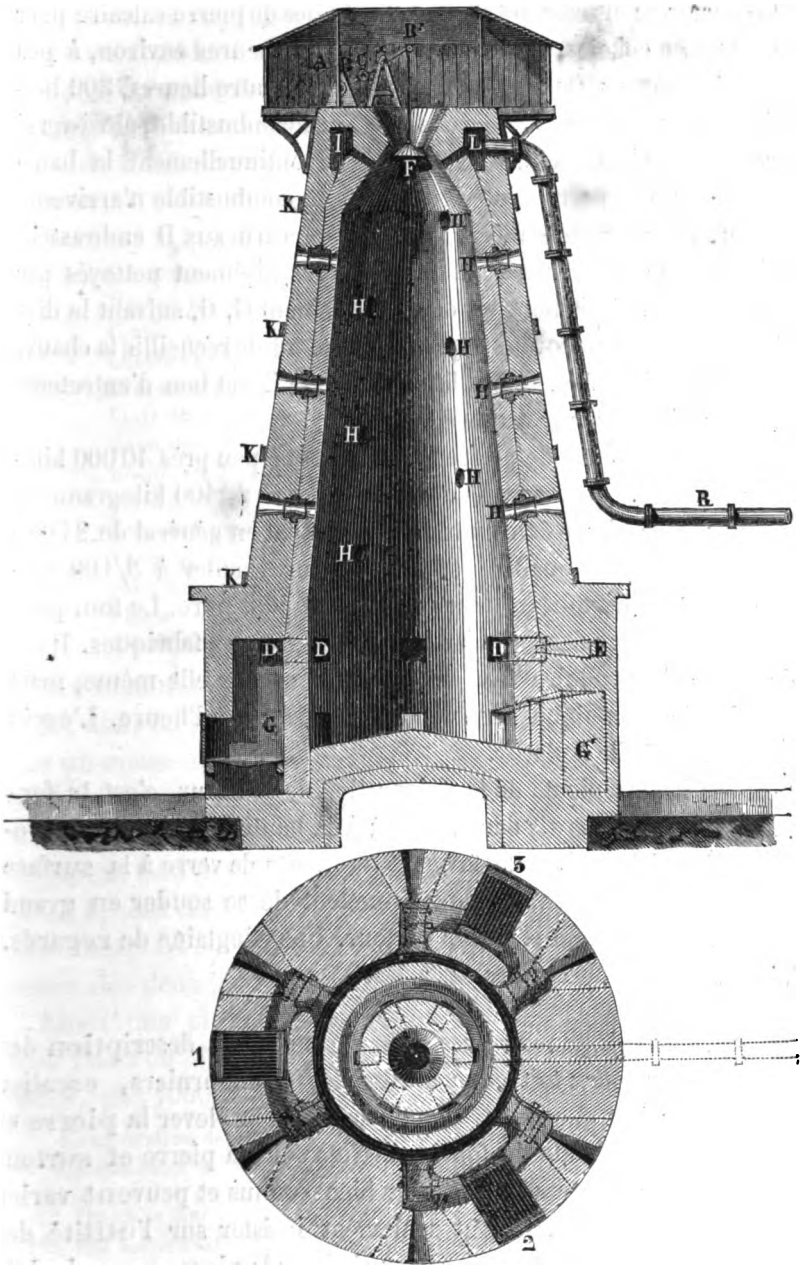


Fig 160.

Digitized by Google

est ordinairement composé de 7 à 8 volumes de pierre calcaire pour 1 volume de coke, et on en verse, toutes les heures environ, à peu près 2 hectolitres. On met au four, en vingt-quatre heures, 300 hectolitres de pierre et 40 de coke. Outre ce combustible, ainsi versé par la cheminée du four, on entretient continuellement la haute température des parties inférieures, où le combustible n'arriverait pas, au moyen de trois foyers C, dont les carneaux D embrassent le tiers de la circonférence, et peuvent être aisément nettoyés par les regards R. Trois bouches de défournement G, G, suivant le diamètre passant par celui des foyers, permettent de recueillir la chaux, par les trois à la fois, toutes les six heures; il est bon d'entretenir la marche du four avec cette régularité.

Les 300 hectolitres de pierre représentent à peu près 40 000 kilogrammes. Théoriquement, ils devraient donner 22 400 kilogrammes de chaux, si la pierre était pure: on en obtient en général de 24 000 à 25 000. C'est une quantité suffisante pour chauler à 3/100 une masse de 8000 hectolitres de jus si la chaux était pure. Le four peut donc suffire largement au travail des plus grandes fabriques. Il est nécessaire de produire trop de chaux, non pour elle-même, mais pour l'acide carbonique, dont nous parlerons tout à l'heure. L'excès de chaux est facile à placer.

Un des inconvénients de la préparation de la chaux, c'est la formation de *conglomérats* dans le four; à la haute température développée, les résidus de coke forment une sorte de verre à la surface des fragments de chaux, et leur permettent de se souder en grand nombre, de manière à obstruer le four. Une vingtaine de regards, T, T',... servent à briser ces obstacles.

804. Je crois pouvoir passer en silence sur la description des accessoires du four : toit pour abriter les chaufourniers, escalier pour monter à la cheminée, monte-charge pour élever la pierre et le coke jusqu'à la voûte du four, magasins pour la pierre et surtout pour la chaux; tous ces détails sont bien connus et peuvent varier dans chaque fabrique. Il faut seulement insister sur l'utilité des magasins pour la pierre et la chaux. Laisser la pierre exposée à la

Digitized by Google

pluie, c'est se condamner à évaporer une quantité d'eau qui peut être considérable. Voici des résultats que j'ai obtenus à cet égard :

Un mètre cube de pierre peut absorber de $3^{kilog},2$ au minimum, jusqu'à 656 kilogrammes au maximum, ou, en d'autres termes, de 31 litres à 656 litres d'eau, d'après mes expériences, dont voici le tableau :

1 mètre cube de	Poids à l'état sec. Kilogrammes.	Eau absorbée. Kilogrammes.
Marbre blanc	2762	3.2
Granit	2613	3.6
Château-Landon	2618	21.3
Chérence fin	2506	87
Liais fin	2468	92.4
Tonnerre dur	2380	123
Roche	2342	155
Chérence gros	2340	158
Tonnerre tendre	1889	321
Vergelé	1803	335
Saint-Leu	1642	656
Plâtre gros	1439	366
Plâtre fin	1410	393

Ces nombres ont été obtenus au moyen de la dessiccation dans le vide; mais on peut très-bien faire sécher au four; il suffit d'agir sur un morceau de 500 centimètres cubes, ou 1 demi-litre, en faisant tailler un morceau de 1 décimètre de longueur et 1 décimètre de largeur, sur 5 centimètres d'épaisseur. On prend le poids de ce fragment bien desséché, puis on le fait chauffer de nouveau, et on le plonge, tout chaud, dans l'eau froide, où on le laisse deux jours, au bout desquels on essuie les surfaces, et on pèse de suite. La différence des deux poids donne l'eau absorbée.

Ainsi une pierre de la nature du Saint-Leu peut contenir 656/1642 ou 39.95, soit 40/100 d'eau. La calcination de cette pierre coûte, par 1000 kilogrammes :

Évaporation de 400 kilogr. d'eau... 1/12 ou 33 kilogr. de charbon (1).
Calcination de 600 — pierre sèche. ..... 17 — (2).

(1) Dans le four.

(2) En admettant 0,208 chaleur spécifique et 1000 degrés pour la température de calcination.

Digitized by Google

Il faut donc brûler deux fois plus de charbon pour évaporer l'eau que pour calciner la pierre, ou, en d'autres termes, brûler trois fois autant de charbon pour calciner la pierre humide que pour la pierre sèche ; et nous avons un minimum.

La chaux doit être abritée par une autre raison : la pluie peut l'échauffer au point de mettre le feu au bois, ou à d'autres combustibles. Quand même elle n'est pas assez abondante pour en venir là, elle l'éteint à la surface et la rend capable d'absorber rapidement l'acide carbonique de l'air. La chaux redevient ainsi pierre à chaux, insoluble dans les jus et sans valeur.

808. A la haute température des fours, les cendres du coke, les poussières de chaux, les gaz, produisent des actions chimiques nombreuses. Les composés formés dans ces actions sont entraînés, en partie jusque dans le jus, en partie jusque dans le tube L R seulement, où le froid extérieur les condense. Ils peuvent occasionner dans les jus des défauts plus ou moins graves ; une analyse de ceux qu'on trouve condensés dans le coude, en face de L, mérite donc de nous occuper. J'ai trouvé, dans un dépôt qui obstruait presque complétement le tube :

Chaux CaO	24.2
Carbonate de chaux $CaO.CO^2$	54.6
Sulfate de chaux $CaO.SO^3$	1.8
Oxysulfure de calcium	2.0
Cyanure de sodium	1.3
— calcium	0.3
Sulfocyanure de potassium et sodium	0.2
— calcium	0.2
Alumine et acide phosphorique	10.7
Acide silicique	3.2
Oxyde de fer	1.1
Perte	0.4
	100.0

Il est clair qu'une partie de ces composés parvient jusque dans les chaudières, malgré le lavage des gaz, dont nous parlerons plus loin ; les cyanures, les sulfocyanures sont dangereux ; leur existence dans les jus, même à très-faible dose, nécessiterait une élimination

Digitized by Google

s'ils pouvaient y rester intacts. Heureusement ces composés sont, les uns détruits par la carbonatation, ou par l'action de l'eau et de l'air, par exemple l'oxysulfure; les autres par les mêmes causes, ou par l'action du noir : ce qu'il en reste dans les cuites est négligeable et passe, en fin de compte, dans les mélasses.

806. *Production du lait de chaux.* — La chaux ne peut être employée vive, c'est-à-dire telle qu'elle sort des fours, anhydre : la chaleur énorme qu'elle dégage brûlerait en partie le jus, dans toute la force du terme, sans compensation; il faut l'employer *éteinte*, c'est-à-dire hydratée, combinée à de l'eau. Sa composition est alors :

		Équivalents.	Chaux hydratée.
Calcium.....	71.43	20	»
Oxygène.....	28.57	8	»
Chaux vive.....	100.00	28	75.67
Eau.....		9	24.33
		37	100.00

On l'obtient à cet état en la plaçant, vive, dans un panier métallique, de la forme d'un tronc de cône, muni de deux anses permettant de l'enlever, facilement, d'un peu plus que sa hauteur et de l'abaisser à volonté d'autant. Plongé dans un bac d'eau froide et relevé, au bout de quelques minutes, quand les bulles de gaz ont à peu près cessé de bouillonner, le panier permet à la chaux d'absorber, à peu près exactement, les 24/100 d'eau nécessaire. Au bout d'un temps d'autant plus court que la chaux est plus pure, elle s'échauffe, exhale un petit excès d'eau, mise en vapeur à jets plus ou moins surchauffés, devient rouge en plusieurs points et se délite, avec gonflement, en une poussière très-fine. On l'arrose un peu, pour remplacer l'eau *complétement* chassée des points incandescents, et bientôt elle se refroidit sans conserver d'*humidité*, mais avec 24.33/100 d'eau combinée, dans sa poussière *sèche*. C'est l'*hydrate de chaux*.

Digitized by Google

Pour un bon emploi, il convient de tamiser cette poussière dans des tamis à farine, ou blutoirs, tout à fait semblables à ceux des minoteries, mais à toiles métalliques au lieu de toiles de soie.

En général, il serait bon d'employer cette farine (elle a presque l'aspect de la farine véritable), sans autre *addition au jus;* mais sa poussière fatigue beaucoup les ouvriers, dans les yeux, la bouche, les poumons, sur les mains, etc. Il est à peu près impossible d'en faire usage.

Il faut donc mettre la chaux éteinte en *lait*, c'est-à-dire la délayer dans une quantité d'eau suffisante pour constituer un mélange liquide, facile à transvaser et, cependant, le plus chargé de chaux. L'expérience a fait adopter le lait de la densité 1210 qui est composé de

Chaux vive.....	1	281.17	23.24
Eau.....	3.3	928.83	76.76
		1210.00	100.00

On obtient ce lait en faisant éteindre la chaux vive dans des bacs en fer, assez grands pour contenir la provision d'une journée. Par exemple 1000 hectolitres de jus exigeant 3000 kilogrammes de chaux vive et par conséquent 9900 kilogrammes d'eau, soit 10 000, il convient d'employer un bac de 12 000, — soit 120 hectolitres, — ou dans les mêmes proportions, suivant le travail de la fabrique.

La chaux ne se délaye pas toujours aisément; certains fragments demandent un broyage : on emploie, pour l'effectuer, des moulins de formes diverses sur lesquels je ne crois pas devoir m'arrêter. Après le broyage il convient de séparer les *incuits*, les résidus siliceux, etc.; on y parvient en faisant passer le lait de chaux au travers d'un filtre, composé de tiges cylindriques en fer de 1 centimètre de diamètre et 1 millimètre d'écartement. Ces tiges sont maintenues dans un cadre métallique, par des traverses de fer plat qui les croisent, à 15 ou 20 centimètres de distance l'une de l'autre. On place le cadre avec une inclinaison de 20 degrés sous le plan vertical, du côté du lait à filtrer, ce qui permet aux tiges, placées elles-mêmes verticalement, de ne pas retenir les gros grains qui pourraient les

Digitized by Google

obstruer, et de les faire retomber d'eux-mêmes à la moindre secousse. Le lait, passé au travers du tamis, est recueilli dans un bac couvert où un agitateur, mis en mouvement à volonté par une transmission, donne le moyen de remuer vivement, au moment de l'emploi, et d'avoir toujours un lait bien homogène.

807. La chaux, par la méthode même usitée pour sa préparation, est fréquemment souillée de composés solubles qu'il convient d'enlever; produite avec le coke, même le plus pur, elle est accompagnée de sulfure, cyanure, sulfocyanure de calcium, potassium, sodium, ammoniaque, etc., produits que nous avons trouvés presque isolés dans le tube à gaz. Il est *nécessaire* de lui faire subir un lavage. Après l'avoir délayée dans l'eau, on l'abandonne pendant deux heures. Ce temps suffit pour son dépôt complet. L'eau surnageante est devenue très-claire : on la décante par un robinet placé à une hauteur convenable ou mieux par un siphon flotteur (§ 847). De 3300 litres employés pour délayer 1000 kilogrammes de chaux vive, on n'en pourrait pas décanter plus de 5 à 600 litres; il est bon de renouveler une seconde ou une troisième fois ce lavage, suivant l'impureté du coke employé pour la calcination. Chaque litre d'eau perdue contient au maximum $1^{gr},3$ de chaux anhydre. Les 600 litres de lavage font donc perdre au maximum 780 grammes de chaux.

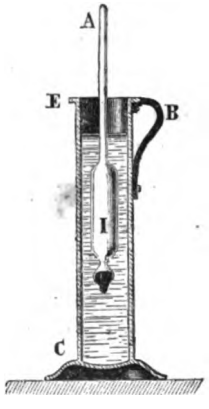


FIG. 161.

On prend la densité du lait de chaux et, en général, de tous les liquides de la fabrique, au moyen d'une éprouvette de métal E B C, fig. 161 (cuivre rouge, fer-blanc, etc.). Le densimètre A I plongé dans le liquide est en verre; mais il peut être en métal, à une condition : de ne jamais recevoir de bosselures; ce qui, malheureusement, le rend presque impossible.

On peut économiser les densimètres en se procurant plusieurs bouteilles ordinaires de un litre, ou une fraction exacte (0,75; 0,50) quand la bouteille est bien pleine; supposons un litre juste : on

Digitized by Google

remplit cette bouteille de lait de chaux bien agité, puis on l'accroche, par un fil de fer enroulé sur le goulot, à une romaine fixée dans le mur, près des bacs de chaulage. Si le lait doit être à 24 degrés, un litre pèse 1240 grammes; le litre de lait et le litre en verre, si ce dernier pèse 1000 grammes, font ensemble 2240 grammes. L'ouvrier peut faire cette pesée bien plus aisément que la mesure au densimètre et connaître le degré beaucoup plus exactement. La bouteille peut être mise à 1000 grammes juste en coulant dans le culot un peu de ciment et, au besoin, quelques grains de plomb. Lorsqu'on trouve alors 2220, 2230, 2240, on voit de suite que le degré est donné par les deux chiffres du milieu, 22, 23, 24... comme si le verre n'existait pas.

808. J'ai conseillé, dès les premiers temps de l'emploi de ma méthode du chaulage à haute dose, de délayer la chaux éteinte dans le jus, pour éviter l'addition d'eau du lait de chaux et, surtout, pour être toujours sûr d'avoir opéré le *chaulage réel*. Il y a en effet dans l'emploi du lait de chaux un inconvénient très-sérieux, un véritable danger de mauvaise fabrication. La chaux peut sortir des fours très-imparfaitement calcinée. Il n'est pas rare que certains morceaux ne le soient point : les signes extérieurs ne permettent pas du tout de distinguer, pendant la nuit surtout, dans certaines pierres, la bien calcinée, la bonne chaux, de la non calcinée, de l'*incuit*. Un mélange peut contenir assez de chaux réelle pour offrir les phénomènes principaux de l'*extinction*, malgré la présence d'un quart, ou même d'un tiers, de carbonate non calciné; à moins de faire l'analyse (448, *Gazhydromètre*), on reste dans l'erreur, et on agit comme si le tout était de bonne chaux. On prépare le lait qui atteint la densité 1210, avec du carbonate, comme avec de la chaux, et, au lieu d'une matière utile, on emploie une matière inerte.

L'emploi du jus, au lieu d'eau commune, met à l'abri de toute erreur. Le sucre dissout la chaux réelle et ne dissout pas le carbonate. Si l'on y délaye le produit des fours, ce qui n'est pas chaux véritable n'entre pas en dissolution et reste dans le dépôt.

Digitized by Google

On peut juger, très-approximativement, la quantité de chaux dissoute, par la densité du jus, avant et après l'addition de chaux éteinte. Chaque centième de chaux, CaO, réellement dissoute, augmente la densité de 0,63/100. Par exemple :

Un hectolitre de densité 1040 présente 1046.3 avec 1 centième.
1052.6 avec 2 centièmes.
1058.9 avec 3 centièmes (1).

et de même avec une densité plus forte.

La densité ne peut plus servir aussi aisément quand on ajoute du lait de chaux, même préparé avec du jus. L'augmentation de densité est plus faible, en pareil cas, et ne permet pas de mesurer, avec tant soit peu de précision, la quantité de chaux dissoute. Non-seulement la densité n'augmente pas, proportionnellement aux additions de lait de chaux ordinaire, à l'eau commune, mais elle diminue quand l'addition est un peu forte. Ainsi 1 litre de jus de D = 1055 a donné :

Avec 50 centimètres cubes lait de chaux (aqueux)... 1062
100..... 1069
150..... 1068

809. La solubilité de la chaux est parfois lente dans les jus sucrés : une température de calcination trop élevée, un résidu très-riche en silice et alumine combinées, et la nature des jus eux-mêmes paraissent influer beaucoup sur la facilité de l'action du sucre. Voici des expériences qui le montrent :

Du lait de chaux a été préparé, par délayage de chaux hydratée dans un jus de densité 1040 à + 16 degrés. Des volumes de ce lait, amené jusqu'à la densité 1210, ont été ajoutés à cent volumes du jus pur, de manière à introduire des centièmes successifs dans la masse totale : j'ai obtenu :

(1) Il est rare que les jus atteignent cette richesse, même en y délayant 5/100 de chaux réelle.

Digitized by Google

LAIT DE CHAUX (avec du jus) de D = 1210.	Temps de mélange avant l'analyse.	DENSITÉ du jus chaulé. trouble.	DENSITÉ du jus chaulé. limpide.	CHAUX (CaO) dissoute (à l'hectolitre).	
4 volumes ou 1 centième CaO.	6 heures. . .	1048	1046	941 gr.	
	18.	1049	1047	946	
	30.	1049.5	1047	950	
	48.	1051	1048	957	
	60.	1052	1048	969	
	78.	1053	1049	978	après un an 978
8 volumes ou 2 centièmes CaO.	6.	1051	1048	1056	
	18.	1054	1050	1084	
	30.	1058	1052	1096	
	48.	1063	1053	1112	
	60.	1065	1056	1138	
	78.	1068	1059	1169	après un an 1982
12 volumes ou 3 centièmes CaO.	6.	1056	1054	1122	
	18.	1061	1058	1143	
	30.	1072	1063	1181	
	48.	1084	1078	1242	
	78.	1103	1095	1296	après un an 2136

Ces résultats varient beaucoup, suivant la nature de la chaux et des jus, comme je l'ai dit; plus la chaux est pure, plus le jus est fluide, plus la rapidité de dissolution est grande. Mais on voit, par le tableau, combien il est difficile d'obtenir, immédiatement, une dissolution à peu près complète. C'est une des raisons les plus puissantes pour conserver les jus le plus longtemps possible, avec une forte dose de chaux; l'alcali ne se dissout pas de suite et la défécation à froid ne peut être aussi complète, au premier jour, qu'après plusieurs mois de contact. Je dois ajouter, toutefois, que les résultats du tableau sont, en quelque sorte, exceptionnels. Il m'est arrivé d'ajouter trois centièmes, 4,5 et d'obtenir *le lendemain* 1500, 1600 grammes de chaux réelle dissoute, après deux ou trois agitations vivement faites.

810. Les jus chaulés ont une causticité très-grande, contre laquelle on doit toujours être en garde; les mains en souffrent fortement, les yeux en seraient gravement blessés, l'estomac serait corrodé comme par les caustiques puissants. L'addition de la glycérine modifie singulièrement cette puissance alcaline (§ 122).

Digitized by Google

811. En fabrication il est grandement utile de connaître le titre réel des jus, surtout dans les râperies. J'ai donné un moyen très-rapide de faire cette détermination; il est décrit plus haut (§ 450).

Le procédé le plus rapide, après celui du *Gazhydromètre*, consiste à traiter 10 centimètres cubes de lait de chaux (contenant à peu près 2 grammes de chaux réelle CaO), par une solution normale d'azotate de zinc renfermant l'équivalent de ces 2 grammes de chaux, ou $6^{gr},786$ dans 50 centim. cubes, soit $135^{gr},72$ dans 1 litre. On verse les 10 centimètres cubes de lait, mesurés immédiatement après une agitation vigoureusement faite, dans un vase à précipité, où on leur imprime, au moment de l'analyse, un mouvement de rotation un peu vif. On fait alors tomber dans le lait, au moyen de ma burette (§ 500), la solution de zinc, dont je viens d'indiquer la composition. Le plongeur étant gradué en demi-centimètres cubes, il est facile de comprendre que chaque division est 1/100 de 50 centimètres cubes, et neutralise 1/100 des $2^{g},000$ de chaux, d'après les deux actions suivantes :

1° L'azotate est décomposé par la chaux comme l'indique cette formule :

$$CaO + AzO^5,ZnO = ZnO + CaO,AzO^5.$$

2° L'azotate de zinc, dont l'action sur le papier de curcuma est acide, se trouve remplacé, au moment de la neutralisation, par l'azotate de chaux, dont l'action, sur le même papier est neutre.

Il résulte de ces deux conditions que le lait, d'abord très-alcalin et, comme tel, rougissant le papier de curcuma, cesse d'offrir ce caractère lorsqu'il est neutralisé par l'azotate de zinc; en outre, un léger excès d'azotate de zinc, une seule goutte est suffisante pour donner au mélange une action acide assez forte pour ramener le curcuma au jaune clair. Chaque division de la burette représente au moins 6 gouttes : il est donc facile de mesurer la chaux réelle à moins de 1/100, ce qui est toujours suffisant. On verse de l'azotate jusqu'à ce que l'action alcaline sur le curcuma disparaisse : s'il a fallu 84 divisions, c'est que la chaux ne contient pas plus de 34/100 d'acide de calcium réel, CaO... 2 grammes de chaux pure absorberaient 100 divisions, ou 50 centimètres cubes.

Digitized by Google

On déduit promptement de cette détermination de la chaux (par l'un ou l'autre moyen) la quantité de lait de chaux dont il est nécessaire de faire usage. Puisque le lait, par suite de l'impureté de la chaux, ne renferme pas plus de 84/100 d'alcali réel, il est clair que chaque unité de chaux, jugée nécessaire dans une opération, n'est plus obtenue en faisant usage de 5 unités de lait; il faut, évidemment, prendre un volume plus grand, $\frac{5}{0.84} = 5 \times 1.19 = 5.95$; en général $5 \times \frac{1}{n}$, n'étant le nombre des centimètres indiqués par l'analyse.

Il est bon de faire le tableau des coefficients $\frac{1}{n}$; le voici jusqu'à $n = 80$; la chaux étant rarement au-dessous de ce titre, en bonne marche :

Titre trouvé. n	Coefficient. $\frac{1}{n}$	Titre trouvé. n	Coefficient. $\frac{1}{n}$
99	1.010	89	1.124
98	1.020	88	1.136
97	1.031	87	1.149
96	1.042	86	1.163
95	1.053	85	1.176
94	1.064	84	1.190
93	1.075	83	1.205
92	1.087	82	1.219
91	1.999	81	1.234
90	1.111	80	1.250

812. L'addition de la chaux doit être faite, dans les jus, le plus tôt possible; presque toujours on la fait dans un bac placé sous les presses. On connaît la capacité du bac : on y introduit la dose voulue de chaux éteinte en poudre (1); sur cette dose on laisse arriver le volume de jus déterminé par la contenance du bac; ou bien on y fait arriver le volume de lait de chaux déterminé, par une rigole, en même temps que le jus y coule par une autre; le mélange est

(1) La chaux éteinte en poudre, vérifiée et titrée, est préparée dans des sacs, à peu près comme le plâtre, par doses de 20, 25, 50 kilog.

Digitized by Google

produit de lui-même, et, quand il atteint la hauteur fixée d'avance, on fait marcher de quelques tours un agitateur à palettes; en même temps on change les déversoirs, pour diriger le jus et le lait de chaux dans un autre bac.

Le jus chaulé coule du bac de chaulage dans un monte-jus, si l'on veut employer la vapeur à le faire monter aux chaudières de défécation, ou de carbonatation. Mais si l'on veut économiser la vapeur, on fait usage d'une pompe, aspirante et foulante, pour tirer le jus du bac de chaulage et l'élever aux chaudières.

813. *Monte-jus.* — Ce puissant engin est d'une construction bien simple : A fig. 162 est un vase cylindrique en tôle de fer d'une

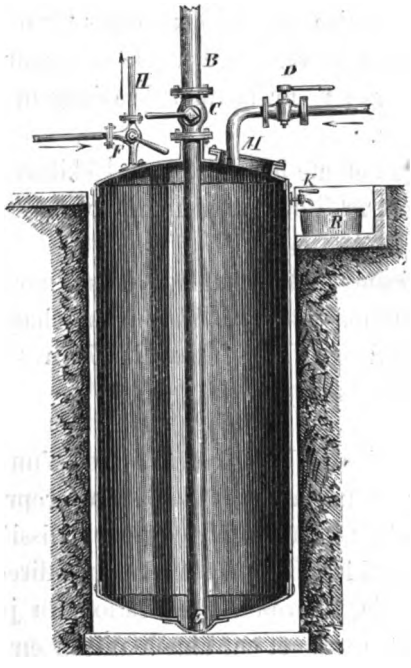


FIG. 162.

contenance d'environ 30 hectolitres. Un robinet D y mène le jus chaulé jusqu'à ce que ce jus atteigne le petit robinet de jauge K

Digitized by Google

ouvert, en même temps, sur une cuvette portative. Aussitôt que le jus coule par ce dernier robinet, on ferme D, puis K, le plus lestement possible. A ce moment l'ouvrier donne avis, par un coup de sonnette, aux hommes des chaudières, aux *défequeurs*, qu'il va envoyer une chaudière (le robinet K est placé de manière à mesurer juste la contenance d'une chaudière) et il ouvre de suite, s'il ne reçoit contre-ordre, le robinet F (à trois voies), pour amener de la vapeur au-dessus du jus. D'abord cette vapeur se condense en une couche d'eau, pure à la surface du jus; mais, en un instant, cette surface échauffée ne détermine plus de condensation, la vapeur garde sa force élastique, presse le liquide et le fait monter par le tuyau B, dont le robinet C vient d'être ouvert. Avec cinq atmosphères, la vapeur pourrait élever le jus à environ 40 mètres; il est donc facile de conduire le jus aux parties les plus élevées de la fabrique. Aussitôt le jus remplacé par de la vapeur, l'ouvrier ferme le robinet C et tourne F sur le tube de dégagement H, qui donne passage à la vapeur.

Chaque effet d'un monte-jus représente 15 kilogrammes de vapeur au minimum. C'est $2^{kg},5$ de charbon ou environ 8 centimes de dépense.

Quelques fabricants font le chaulage dans le monte-jus lui-même. Celui dont nous parlons est destiné à fournir, chaque fois, une chaudière de 27 hectolitres. On y introduit 67 litres de lait de chaux pour 26,33 hectolitres de jus.

814. *Pompe à jus.* — Voici la description d'une des meilleures :

P est le piston creux; la tige (qui n'est pas représentée) est fixée par une clavette dans sa tête, entre les deux glissières F,F, maintenues par les deux guides CC'; elle est actionnée directement, par une machine horizontale, et produit l'aspiration du jus amené par le tube J, quand elle recule et entraîne le piston en arrière; le vide, produit en avant, permet au jus de lever la soupape S jusqu'à son arrêt B, et oblige la soupape S' à se fermer de mieux en mieux. Lorsque le piston revient en avant, la capacité du corps de pompe, dans sa longueur et entre les deux soupapes, est pleine de jus; dès

Digitized by Google

le premier instant, la soupape S se referme, S' s'ouvre et le jus, foulé avec force, peut être élevé à une hauteur très-grande : une pompe fonctionne très-bien sous quatre ou cinq atmosphères ; elle

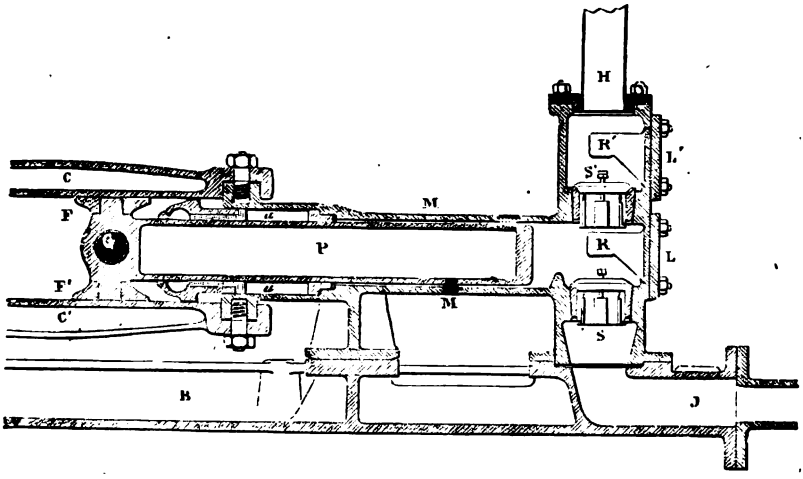


FIG. 163.

peut donner du jus dans des bacs placés à plus de 30 mètres au-dessus de la soupape S', et cette hauteur n'est jamais nécessaire. H est l'extrémité inférieure du tuyau d'élévation.

815. *Défécation.— Carbonatation.* — Les jus chaulés envoyés à l'épuration, par le monte-jus ou par une pompe, sont reçus par la *chaudière* ou le *bac à défequer*. Depuis l'adoption de mon système, les bacs font chaque jour disparaître les chaudières; ils sont plus économiques; mais, quoique les chaudières deviennent plus rares, j'en donnerai la description exacte, afin d'établir entre elles et les bacs une comparaison, nécessaire, il me semble, pour bien apprécier les véritables effets des défécations.

La figure 164 est celle d'une chaudière formée de deux parties : l'une cylindrique, AA' BB' ; on la nomme *calandre ;* l'autre sphérique, B' C A, pour le fond. Les deux parties sont en cuivre pur : elles sont assemblées par un anneau de fer logé entre leurs bords

Digitized by Google

pliés à angle droit, et serrés par deux anneaux de fer, que traversent de nombreux boulons. Le jus, amené par le tube F G, remplit la chaudière à la hauteur L, correspondant à la capacité du monte-jus. On le chauffe à la vapeur ; amenée par le tube F H quand on

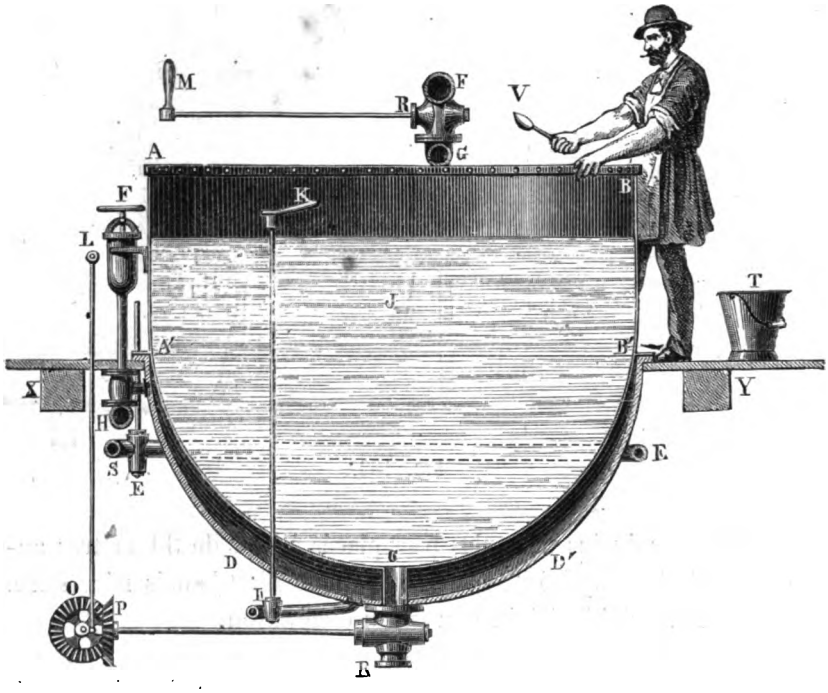


Fig. 164.

ouvre le robinet F, elle remplit l'espace entre le fond de cuivre et la calotte de fonte D D', jointe à ce fond et à la calandre en un seul joint. Son excédant peut couler, avec l'eau de condensation, par le tube de retour I et aller au ballon de retour. En vingt minutes, la masse du jus peut être portée à 100 degrés.

Lorsque la chaudière est employée pour une *défécation proprement dite*, on élève la température avec précaution, pour éviter tout bouillonnement et ne pas briser l'écume ; l'opération consiste en ce chauffage d'abord et en une décantation. Nous allons y revenir.

Mais si la chaudière est destinée à une *carbonatation*, elle est sur-

Digitized by Google

montée d'un tube horizontal (fig. 164), amenant le gaz du four à chaux, et du branchement Z auquel est ajusté le tube courbé pour descendre au fond de la chaudière, où il est contourné en anneau criblé de trous pour distribuer le gaz avec une extrême division. Le travail se fait alors, entièrement, comme dans les bacs de carbonatation dont nous parlerons tout à l'heure.

Revenons à la défécation proprement dite! Pour elle, il est bon de mesurer avec soin la proportion de la chaux. On verse une première quantité, 5 millièmes, par exemple; on chauffe et on examine, dans une casserole de fer étamé, l'état du jus. Si le trouble disparaît, en trois ou quatre secondes, par la séparation très-nette d'un liquide clair, ambré, vif, et d'un dépôt grisâtre, floconneux ou cristallin, la proportion de chaux est suffisante; mais, dans le cas contraire, si le jus demeure troublé, il manque de la chaux et il faut en ajouter, par 1 millième à la fois. Si la contenance est de 27 hectolitres, chaque millième est 2^k, 7 ou 10,8 litres de lait de chaux à 25/100 ou D = 1210 (1).

816. Aux signes qui viennent d'être indiqués, on reconnaît que la quantité de chaux suffit; mais il faut ajouter un autre caractère : l'écume est bien formée, dans la chaudière; elle forme une croûte

(1) La densité des laits de chaux est parfaitement égale à la densité calculée. La chaux s'y trouve à l'état d'hydrate bien évidemment. La densité de cet hydrate est 2.078 (Filhol). Par conséquent

1 kilograme de cet hydrate a le volume de.....	$0^{lit}.481$
$1^{kil}.32$ = 1 kilogramme CaO.....	$0^{lit}.635$

Le lait au 1/5 de (CaO) contient :

$1^{kil}.32$ chaux hydratée dont le volume.....	=	$0^{lit}.635$
$4^{kil}.00$ eau.....	=	4 000
$5^{kil}.32$ lait de chaux ont pour volume.....		$4^{lit}.635$

La densité calculée de ce lait est donc : $\frac{5.32}{4.635} = 1147.8$

La densité expérimentale est..... 1148 à 1149.

Elle est toujours un peu plus forte, parce qu'il est presque impossible d'éviter le dépôt d'un peu de chaux sur le densimètre; elle peut aller à 1155, et même

Digitized by Google

compacte, nettement séparée du liquide clair : le dépôt est lourd et bien rassemblé au fond de la masse de jus. Un excès de chaux, sans être défavorable au même degré qu'une proportion insuffisante, ne donne pas de bons résultats : le jus a beaucoup de peine à s'éclaircir ; il se colore davantage, pendant la défécation elle-même, et surtout dans les opérations ultérieures, l'évaporation et la cuite.

817. C'est pour éviter la coloration, ainsi produite, que l'on abaisse le plus possible la température des défécations, surtout à mesure de l'avancement des campagnes. Dans les premières semaines cette température peut être de 96 degrés sans inconvénient : peu à peu l'on descend à 90 degrés, puis 85 degrés, et vers la fin, 80 degrés ; ce qui ne suffit pas pour éviter la coloration du jus et celle, plus gênante, des sirops.

818. En quoi consiste une bonne défécation ? quels effets la chaux, employée seule, a-t-elle produits ?

Il est très-difficile de résoudre la question par des analyses : il faudrait faire, à la fois, l'analyse du jus, avant et après la défécation, plusieurs années de suite et dans des contrées diverses, à cause de la différence du sol et des engrais. Ce travail exige le concours d'un grand nombre de personnes et est, presque impossible. Hoffmann a donné l'analyse des écumes séchées à 100°, mais seulement pour essayer l'appréciation de leur valeur comme engrais, et sans comparaison avec le jus d'où elles provenaient (1). Il a trouvé :

1160, en apparence, par cette raison ; mais, en pesant un volume de 100 centimètres cubes, dans une fiole coupée à ce volume et remplie le plus rapidement après agitation, lavée en dehors, essuyée, etc., on trouve le chiffre indiqué.

Le lait au 1/4 (CaO) contient :

$1^{kil}.32$ chaux hydratée dont le volume est.....	$0^{lit}.635$
$3^{kil}.00$ d'eau.....	$3^{lit}.000$
$4^{kil}.32$ de lait de chaux ont le volume.....	$3^{lit}.635$

La densité calculée de ce lait est donc : $\frac{4.32}{3.635} = 1188.4$

La densité expérimentale est..... 1189. — Au densimètre elle paraît 1205 à 1210.

(1) *Deutsche chemische Gesellschaft*, XXII, 148.

Digitized by Google

Eau			4.45
Matières organiques.	Albumine (1.579 d'azote)	9.995	44.85
	Toutes les autres	34.855	
Matières minérales.	Acide SO^3	0.050	46.20
	Acide PhO^5	1.900	
	Cl	traces.	
	KO et NaO	0.390	
	MgO	1.900	
	Al^2O^3 et Fe^2O^3	8.000	
	CaO	17.160	
	$CaO.CO^2$	16.600	
Résidu, perte			4.50
			100.00

Tout ce que nous pouvons faire, sans connaître le jus qui a produit ces écumes, c'est de supposer ce jus de qualité moyenne, à 14/100 de résidu total, c'est-à-dire 10 de sucre et 4 de *non-sucre;* de supposer en outre la défécation faite avec 5 millièmes de chaux, CaO; puis le partage de cette chaux en 2 millièmes, restés dans le jus déféqué (§ 821), et 3 millièmes séparés, dans les écumes; trois suppositions peu éloignées de la vérité. L'application à l'analyse donne le résultat suivant, pour 1000 kilogrammes. de jus :

Il existe dans les 1000 kilogr. de jus en *non-sucre* total	$40^{kil}.000$
La chaux des écumes = 26.66/100.	
On a employé 100 kilogr. de chaux, dont 3 seulement ont passé dans les écumes : $3 \times \frac{100}{26.66} = 11^{kil}.25$ écumes sèches.	
Ces $11^{kil}.25$ renferment en matières autres que la chaux	$6^{kil}.929$
La défécation a donc laissé dans le jus	$33^{kil}.071$

Le jus n'a pas perdu plus de 17. 32/100 du non-sucre, ou 1/6 en nombre rond. Tel est, à bien peu près, le résultat des défécations proprement dites : nous trouverons un résultat semblable dans les effets de la carbonatation.

819. La défécation laisse de la chaux, en combinaison avec les éléments du jus; 1 litre d'eau pure dissout 1^{gr} 370 de chaux, CaO; 1 litre de jus, de richesse moyenne, en dissout deux fois autant, s'il

Digitized by Google

faut en croire Michaëlis : ce qui donne 2^{gr} 26. Si donc on a employé :

1/1000 de chaux,	il en passe	$2^{gr},26$	dans les écumes.
7.5	—	—	$4^{gr},76$	—
10	—	—	$7^{gr},26$	—

Cet excès de chaux n'est pas indifférent : plus on prolonge la durée de la défécation, plus l'action de cette chaux se fait sentir, en transformant, peu à peu, les sels de potasse, et de soude, en sels de chaux, avec mise de potasse et soude caustiques en liberté.

Ces alcalis peuvent rapidement modifier non-seulement le sucre inverti (§ 149), mais même le sucre normal (§ 60) : il est donc essentiel de ne pas employer un excès de chaux et de ne pas lui donner le temps de décomposer les sels alcalins.

On a cru pouvoir conseiller d'employer l'excès de chaux, mais de l'introduire en deux fois dans le jus : une première fois, en se bornant à la quantité nécessaire pour la défécation proprement dite ; une seconde fois, en ajoutant le reste au jus défiqué. Par exemple ou emploierait 15 millièmes de chaux.

$2^{mm},5$ pour la défécation proprement dite,
$12^{mm},5$ pour la deuxième action

Cette deuxième action, produite avec la totalité du jus et de la chaux, donne un mauvais résultat : la matière colorante paraît se redissoudre après une décomposition : elle rend au liquide une couleur de plus en plus foncée et désagréable ; et, ce qui est plus fâcheux, elle altère les matières azotées (§ 591) et les transforme, plus ou moins bien, en substances solubles et contenant de la chaux.

820. D'après Walkhoff, la chaux enlève tantôt 15 à 18/100 des matières organiques étrangères au sucre ; tantôt 7 à 12 seulement ; soit, en moyenne 9.5 à 16.5. ou moyenne des moyennes 10.5. — Grouven a trouvé 11. — J'ai obtenu seulement 7 à 8 (moyenne de 8 expériences).

821. Une considération très-utile est encore à présenter. Combien les écumes de défécation retiennent-elles de sucre ?

Digitized by Google

D'après Walkhoff, 1575 kilogrammes de jus ont donnné 53 kilogrammes écumes dans l'état d'humidité habituel. C'est $\frac{53}{1575} = \frac{3.365}{100.}$

Sans avoir mesuré cet état d'humidité, l'auteur admet

Degré habituel.....	36/100 d'eau,
Degré le plus défavorable.....	50/100 d'eau,

à 36/100, les 3.365 d'écume représentent 1.2114 d'eau, c'est-à-dire 1^{kil} 353 de jus, à 10/100 et, par conséquent, 0^{kil}.1353 de sucre; à 50/100, on aurait 0^{kil}.188.

Les écumes de 100,000 kilogrammes gardent donc :

à 36/100.....	135^{kil}.3 de sucre,
à 50/100.....	128 kilogrammes.

On peut juger par ces nombres l'intérêt du lavage des écumes.

Le même auteur conseille de les laver avec les eaux des filtres qui ont D = 1010 en moyenne, tandis que le jus des écumes est de D = 1050. Nous reviendrons sur ce point après avoir étudié les filtrations au noir (un peu plus loin).

822. Après les défécations simples, le jus reste ordinairement un peu alcalin : la mesure de l'alcalinité peut être faite en quelques minutes, lorsqu'on se borne à évaluer en bloc la force alcaline qui est due, non-seulement à un peu de chaux, mais à de la potasse et de la soude. Cette force, déterminée par les moyens dont nous avons parlé (§ 811) équivaut en général à trois ou quatre millièmes de chaux ; dans certaines années à deux ou trois millièmes, suivant la qualité de la betterave.

823. Pendant les défécations, et même pendant les carbonatations, il se dégage de l'ammoniaque. On a essayé de recueillir cet alcali volatil. On a fermé les chaudières, pour leur adapter un tube de dégagement, et conduire les vapeurs dans une dissolution absorbante. La meilleure serait le chlorure de manganèse (des fabriques de chlorure de chaux) ; on a proposé les sulfates de fer, déjà plus coûteux, l'acide sulfurique, etc. Le chlorure de manganèse à 35 degrés densimétriques, absorbe plus d'un équivalent d'ammoniaque,

Digitized by Google

17 kilogr. par hectolitre. Il faut 139 kilogr. de sulfate de fer *pur*, c'est-à-dire au moins 160 kilogr. de sulfate commercial (à 4.50 ou 5.00 les 100 kilogr.) pour produire le même effet. Le chlorhydrate d'ammoniaque, produit dans le premier cas, vaut 90 fr.; le sulfate n'en vaut pas plus de 50. On peut donc obtenir :

Avec le chlorure de manganèse pour 135 kilogrammes ou 2 fr. 67.
18 kilogr. H^3Az ou 56 kilogr. chlorhydrate à 90 = 50 fr. 40.

Avec le sulfate de fer pour 160 kilogr. ou 7 fr. 20 $\times \frac{18}{17}$ = 9 fr. 62.
18 kilogr. H^3Az ou 70 kilogrammes sulfate à 50 = 35 fr. 00.

Le bénéfice est donc, dans le premier cas,

Matière première moins coûteuse de.....	6 fr. 95.
— produite, plus value.....	15 fr. 40.
Total...	21 fr. 35.

Mais pour obtenir 18 kilogr. de H^3Az, il faut traiter de grandes masses de jus : l'intérêt des appareils, leur manœuvre, la gêne relative dans le travail des défécations, n'ont pas permis jusqu'à présent de réaliser cette absorption.

Cuisinier et Leplay donnent les 18 kilogr. de H^3Az comme rendement de 233 hectolitres; mais il ne peut être question d'un rendement régulier.

Ce dégagement d'ammoniaque, nécessairement irrégulier, dans les défécations, et toujours restreint, devient très-régulier dans mes citernes et de plus en plus grand à mesure du temps accordé par le fabricant à la conservation des jus. Il est le signe et le compteur des progrès de la défécation à froid. Recueillir l'alcali dans ces conditions, c'est chose bien facile, sans appareils coûteux et sans gêne aucune pour le travail d'épuration. Comme tant d'autres avantages déjà signalés, ou sur lesquels nous aurons à revenir, le bénéfice résultant de cette absorption diminue puissamment le prix des citernes et les dépenses de conservation.

Cette alcalinité, due toujours à une certaine quantité de chaux, doit diminuer par le chauffage, une partie du sucre formant du sucrate insoluble dans un liquide bouillant, ou à peu près; cette di-

Digitized by Google

minution de l'alcali n'a pas manqué de séduire plusieurs fabricants, surtout à cause d'une autre purification concomitante, où semble augmenter l'intérêt. De l'ammoniaque se dégage, formée peu à peu sous l'influence de l'asparagine, et des autres matières azotées, sur la potasse ou la soude ; cette ammoniaque a paru provenir d'une destruction *complète* de ces matières, à une époque où elles étaient considérées comme *ferments ;* et l'idée d'une séparation de ces corps si dangereux, par la portion de chaux disparue, admise sans autre examen, sur une bonne apparence, comme toutes les choses heureuses, conduisit à soumettre les jus défégués à une première évaporation, jusqu'à la densité 1075. La diminution de la chaux est, en pareil cas, d'environ 1/3, de trois à deux millièmes par conséquent. Mais ce n'est qu'une apparence assez dangereuse ; on n'obtient pas cette diminution sans perte de sucre et il n'y a pas de compensation, loin de là, dans la destruction simultanée d'une faible quantité d'asparagine, ou des autres matières analogues : ces matières ne sont pas des ferments dans le sens ordinaire du mot, ni *probablement* dans le sens nouveau que j'ai dû lui donner (§ 253) ; leur disparition est en elle-même inutile, et, de plus, elle n'a pas lieu sans formation de sels, entre la potasse, ou la soude, et les dérivés des matières détruites, sels qui paraissent contribuer à la mélassification des sirops et des cuites.

Après la carbonatation, les résultats sont très-sensiblement les mêmes.

824. *Carbonatation.* — Cette opération diffère de la défécation proprement dite, en ce que la séparation des matières étrangères est produite, non-seulement par l'action de la chaux alcaline, mais par celle du carbonate de chaux, au moment de sa formation dans le jus alcalin. L'action de la chaux est essentiellement chimique ; en sa qualité d'alcali, elle forme, soit directement avec les acides, soit indirectement avec les sels solubles, un certain nombre de sels de chaux, dont l'analyse d'Hoffmann donne une idée. En outre elle se dissout dans le jus modifié, mieux que dans l'eau pure, et après avoir formé le sucrate de chaux, décomposé les sels d'ammonia-

Digitized by Google

d'une première couche d'eau dont une partie jaillit avec lui, par la tubulure conique C, dans un deuxième compartiment K, où une seconde couche d'eau l'épure encore : le même effet se continue par les tubulures C', C'', dans les compartiments N P, et il est facile de

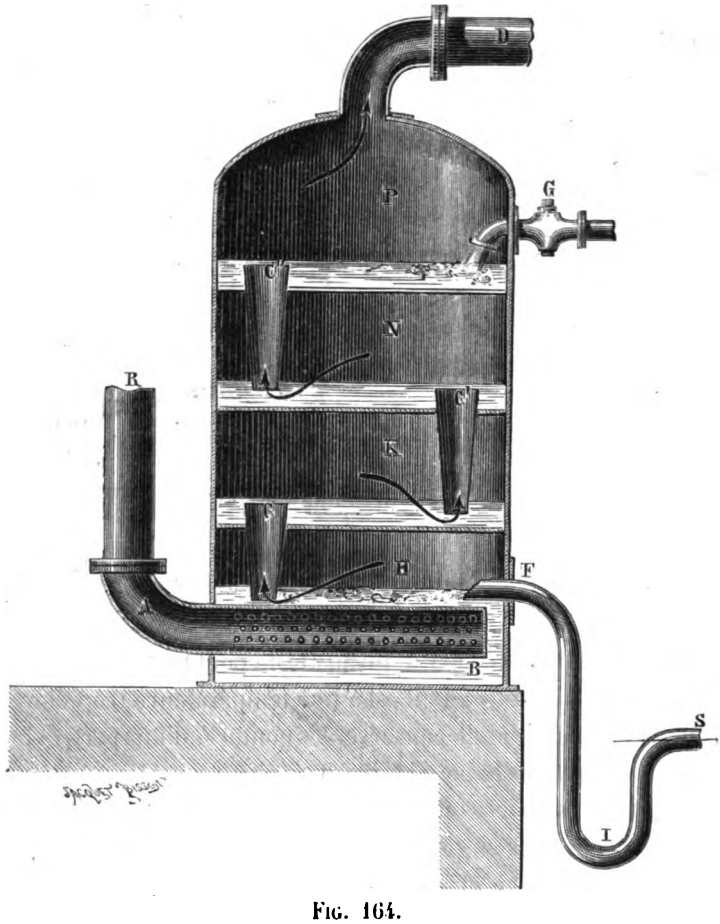


Fig. 164.

voir que l'eau, arrivant par le robinet G de plus en plus pure, puis sortant par le siphon F I S, tombe au travers du gaz, de moins en moins souillé, avec assez d'abondance pour le purifier de toute matière soluble, et de toute poussière. Elle le refroidit en même temps

Digitized by Google

et le met en état de ne pas nuire à la pompe d'abord, ni aux jus ensuite, où il ne peut amener aucune substance autre que l'acide carbonique. (L'eau sort de S à 40° environ.)

J'ai fait construire d'autres épurateurs, plus actifs, sous un même volume, et d'un plus facile entretien.

Le premier est composé d'une cloche de tôle, comme celle de la figure 163, mais avec une autre disposition du tube d'eau et des diaphragmes. Le tube injecteur de l'eau s'avance jusqu'au milieu de la cloche et laisse tomber l'eau sur un diaphragme (en tôle, en zinc) percé de trous comme une passoire; avec une différence : la moitié des trous, de deux en deux, sont *forcés* de haut en bas; l'autre moitié, aussi de deux en deux, le sont de bas en haut. Par les premiers l'eau s'écoule et tombe en pluie fine sur le diaphragme inférieur; par les seconds le gaz monte sans obstacle. L'eau est enlevée à la partie inférieure par un siphon comme S I F.

Le deuxième est formé, comme ceux des laboratoires, avec de gros morceaux de coke, dont on remplit la cloche, et sur lesquels l'eau s'écoule, en grandes surfaces, sans obstruer les passages de gaz : le coke peut être facilement renouvelé de temps en temps : il est toujours bon pour la combustion et ne coûte ni entretien ni réparation.

827. On a fait de l'acide carbonique pur en calcinant la pierre à chaux dans des cornues de fonte, ou de terre, d'après le conseil que j'ai donné dans mon brevet de 1855. Conformément à l'expérience de Gay-Lussac, j'ai recommandé l'injection de la vapeur d'eau, dans ces cornues, pour hâter la décomposition du carbonate calcaire et obtenir le gaz carbonique avec une grande rapidité. Les épreuves de cette méthode faites en plusieurs contrées, sans ma participation, n'ont pas donné, je dois le croire, les mêmes résultats que j'en ai obtenus, en grand, par moi-même. C'est pourtant un travail dont les difficultés ne dépassent pas celles des autres parties de la fabrication, et je recommande de nouveau ce procédé ; le gaz carbonique est presque pur, il est beaucoup plus facilement absorbé par les jus, en moitié moins de temps : il n'exige pas des appareils plus coûteux et demande moins de

Digitized by Google

combustible. Ce sont là des avantages réels, dont on ne peut méconnaître l'intérêt, dans un temps où toutes les économies sont nécessaires.

Plusieurs fabriques, en France, et en Belgique ont adopté ce moyen dont les inconvénients sont compensés largement par les avantages. La durée des carbonatations est réduite des deux tiers.

La sucrerie de Neuvireuil a fait établir ce système par un constructeur de Douai, en 1861. Trois cornues, superposées dans le même four, reçoivent de la vapeur *sèche*, par un même tube, avec un branchement double pour chacune d'elles : les tubes de branchement ont 4 centimètres de diamètre, pénètrent dans les cornues et y distribuent la vapeur par des trous de 5 millimètres. L'acide carbonique et la vapeur sont conduits dans un serpentin entouré d'eau froide. L'eau condensée est prise pour les générateurs. Le gaz est recueilli dans un gazomètre.

En opérant ainsi sans surchauffage, on a de la peine à décomposer totalement le calcaire : cela tient, comme je l'ai dit dans mon brevet, au refroidissement causé par la vapeur ; il faut la surchauffer avant l'entrée dans les cornues ; c'est chose facile, et je ne crois pas devoir insister davantage.

828. Dans certaines localités en France et hors de France, on a pu, même, préparer l'acide carbonique par l'emploi de la craie (ou autres carbonates calcaires), et des acides. Le prix de l'acide chlorhydrique ne dépasse pas 2 francs les 100 kilogr. : on peut obtenir, avec cette somme, 22 kilogrammes de gaz carbonique, c'est-à-dire l'équivalent de 28 kilogrammes de chaux, ou la quantité nécessaire pour chauler à 1/100 28 hectolitres de jus. Si l'on adopte le procédé dont je parlerai plus loin (*Procédés des dépôts mixtes*), on peut trouver une économie réelle dans l'emploi de la craie et des acides. L'acide sulfurique revient au même prix que le chlorhydrique, équivalent pour équivalent, et il laisse un résidu de sulfate de chaux, facilement convertible en plâtre de première qualité. Dans ce système, on recueille le gaz dans un gazomètre et, par le jeu de la pompe, on l'injecte dans les jus.

Digitized by Google

829. Enfin on pourrait employer une méthode que j'ai récemment indiquée et qui est fort peu coûteuse: Du carbonate de soude est converti en bicarbonate par l'acide carbonique des foyers; on étale le carbonate, humide, en couches de 5 à 6 centimètres d'épaisseur, sur des tables disposées, à peu près, comme dans la fig. 164 C,C',C''... etc., etc. La chambre, où sont placées ces tables, communique par une ouverture inférieure, avec la cheminée de l'usine et, par une ouverture supérieure, avec un ventilateur : les gaz de combustion laissent leur acide carbonique au carbonate, le changent en bicarbonate et s'échappent dans l'atmosphère. On rassemble le bicarbonate, toutes les douze heures, et, par un chauffage à 130 degrés, on en tire l'acide carbonique absorbé, complétement pur. On le recueille dans un gazomètre.

830. Toutes les fois qu'on le peut, on doit employer du gaz carbonique pur. Les fabricants dont l'usine comprend une distillerie peuvent utiliser aisément le gaz des cuves à fermentation. Ce gaz est presque toujours pur. Plusieurs fabricants l'ont fait, notamment Tilloy Delaune à Courrières.

831. La pompe employée pour aspirer les gaz du four, et les injecter dans les jus est représentée dans la figure 165 en coupe longitudinale et dans la figure d'en bas en coupe transversale. Elle est mise en mouvement par une machine à vapeur spéciale, mais dont l'action s'exerce en même temps sur la pompe à jus. (§ 812).

La pompe à gaz est formée d'un piston métallique P, dont la tige M est actionnée directement par la machine (horizontale); cette tige se prolonge à gauche pour servir de guide. On met les passans à l'abri des coups par une gaîne fixe, un tuyau de forte tôle attaché en R. Dans la position de la figure, le gaz du four, aspiré par le tube C', arrive sous le tiroir et passe par D', en arrière du piston; le gaz d'avant, chassé en D, puis en U, passe par le tube C pour aller aux chaudières de carbonatation. Le graissage du tiroir T est fait, en marche, par le tube H U.

832. Quels sont les effets produits par la carbonatation?

Digitized by Google

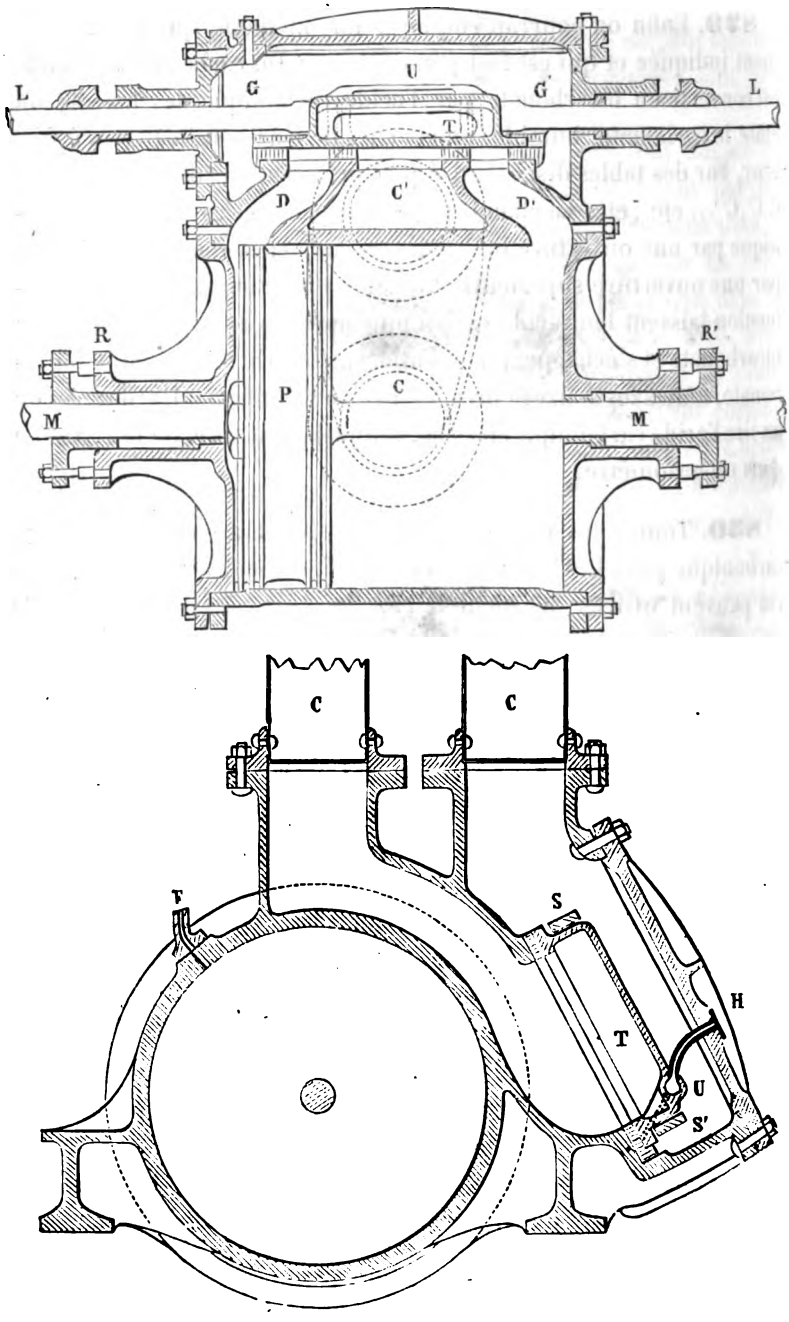


Fig. 165.

Digitized by Google

Théoriquement, ils sont les mêmes que ceux de la défécation simple, quand cette défécation est produite au moyen d'une quantité de chaux suffisante pour donner un léger excès d'alcalinité après le chauffage. Je parle, bien entendu, de la carbonatation à chaud : je reviendrai tout à l'heure sur la carbonatation à froid.

En effet, on peut voir, dans les effets de la chaux, deux causes bien distinctes : l'une *chimique*, celle de la chaux, qui neutralise les acides et forme divers composés dont nous avons parlé, (§ 818); l'autre *physique*, celle du carbonate de chaux formé par l'acide carbonique avec la chaux employée dans les défécations proprement dites; l'acide carbonique est fourni par le jus lui-même, dont la faible acidité n'a pas d'autre source quand le jus est sain. Dans les carbonatations, l'acide carbonique est fourni, en outre, par les gaz du four à chaux, ou d'autres origines extérieures. Mais, dans les deux cas, il existe du carbonate de chaux dans les écumes, et la seule différence consiste uniquement dans la quantité de ce carbonate, qui est beaucoup plus grande dans les carbonatations. Cette différence amène t-elle des résultats différents? On peut le présumer, car ce carbonate, en poussière atomique, possèderait, comme la plupart des poussières de ce genre, la propriété de s'unir, au moment de sa formation, avec un certain nombre de matières organiques, non pas chimiquement, mais par simple *capillarité*, pour former un produit, du genre des *laques*, où l'on sait qu'une matière soluble peut être rendue insoluble par l'action capillaire (du corps insoluble servant de base fondamentale), sans être chimiquement unie avec ce corps insoluble. L'alumine, insoluble, s'unit de cette manière avec un grand nombre de matières colorantes solubles et les rend insolubles dans l'eau, sans combinaison chimique ; car ces matières conservent leurs couleurs et une liberté chimique presque complète.

Le carbonate de chaux peut donc être envisagé comme jouant un rôle de cette espèce et il faut nous demander si ce rôle est considérable : en réalité il l'est très-peu. Sans parler d'expériences faites avec d'autres matières colorantes que celle du sucre, on peut facilement se convaincre que le carbonate de chaux, précipité dans un jus de betterave, (dont la couleur est bien plus intense que celle de la

Digitized by Google

canne), retient très-peu de matière colorante. Lavé, deux ou trois fois, à l'eau distillée, puis dissout dans un acide, il fournit une liqueur très-peu colorée. Pour obtenir cette vérification, il faut, après une carbonatation faite sur un litre de jus, recueillir toute l'écume sur un filtre, la dissoudre par la plus petite quantité possible d'acide chlorhydrique, ajouter avec précaution de l'ammoniaque, afin de précipiter le phosphate, ce qui donne un précipité coloré, puis traiter par le carbonate de soude. On obtient un carbonate peu coloré : quelques lavages à l'eau pure le rendent blanc, et, en le dissolvant dans l'acide acétique, on n'obtient pas de coloration bien sensible.

Ainsi l'action du carbonate calcaire, en tant que producteur d'une laque avec la matière colorante du jus de betterave, est très-faible en elle-même. Si la carbonatation produit une décoloration marquée, c'est en déterminant la précipitation de l'acide phosphorique, de l'alumine et des acides, pectique ou autres, dont les composés avec la chaux ont une force bien plus réelle pour produire des laques avec la couleur des jus. — C'est une des actions auxquelles Chevreul donne le nom d'*affinités capillaires*. On la voit cesser aussitôt que l'acide carbonique dépasse la formation du carbonate neutre, aussitôt que le jus en carbonatation cesse de colorer en rouge le papier de curcuma. La matière colorante, qui avait été précipitée, se redissout en même temps que l'acide phosphorique, l'alumine et une petite quantité de carbonate de chaux. Il reste à ce moment une énorme partie de carbonate encore insoluble, et pourtant la couleur du jus se redissout tout entière.

833. Il résulte de ces faits que la quantité de chaux, employée pour la carbonatation, pourrait être diminuée, de deux tiers au moins, sans diminuer les effets de défécation; c'est ce que l'expérience confirme de plusieurs manières :

1° Dans un jus chaulé à 3/100 par exemple, et où la chaux dissoute atteint 2,5, si l'on ajoute un acide quelconque, en proportion déterminée, pour neutraliser 1,5 et laisser 1 de chaux dissoute, ou même pour neutraliser 2,0 et laisser 0,5 en dissolution avec les 0,5 non dissous, ce jus, traité ensuite par le gaz carbonique, est aussi

Digitized by Google

complétement déféqué et décoloré qu'avec la totalité du carbonate, dont la formation par les 3/100 de chaux a été réduite de deux tiers; l'acide ajouté, l'acide chlorhydrique, par exemple, ayant formé un sel de chaux soluble sur lequel l'acide carbonique n'a pas la moindre action.

2° Un jus peut être soumis à la carbonatation en y ajoutant 3/100 de chaux, ou bien 1/100 de chaux et 2/100 d'un corps absolument inactif, avec le jus ou avec le gaz carbonique. Deux carbonatations comparatives, faites dans ces conditions, donnent absolument les mêmes résultats; le corps inerte peut être de la brique pilée, de l'argile cuite, ou tout simplement du carbonate de chaux, de la pierre naturelle finement broyée; ce corps inerte ne joue plus aucun rôle chimique, il ne prend aucune part à la défécation qui est parfaitement produite, sans lui, par le 1/100 de chaux employé; il sert seulement à rendre la filtration possible et facile dans le filtre-presse. Cette filtration est, en général, presque impossible, dans le cas de 1/100 de chaux, parce que le carbonate produit n'est pas en quantité suffisante pour former une écume *maigre*, ou plutôt perméable, dont le jus puisse s'échapper aisément: il forme des écumes *grasses*, visqueuses, imperméables, comme l'argile ou les matières mucilagineuses, et obstrue rapidement les filtres. Il faut élever à 3/100 la proportion de la chaux pour avoir assez de carbonate et des écumes maigres. Mais ce carbonate, il est inutile et coûteux de le décomposer, d'en faire de la chaux, et de le recomposer, *dans les jus*, avec de l'acide carbonique. Il est bien plus simple de l'ajouter de suite en nature, et de réduire la chaux au strict nécessaire, c'est-à-dire *au plus* à 1/100.

En résumé, les effets de la carbonatation, dans le traitement immédiat des jus, sont très-peu différents de ceux de la simple défécation; ils ajoutent celui de neutraliser la chaux libre, et les petites quantités de potasse ou de soude mises en liberté, par cette chaux, dans la défécation. Ces petites quantités d'alcalis ne sont pas, en elles-mêmes, nuisibles au jus; mais elles peuvent diminuer l'effet du noir, qu'on emploie un peu plus tard, et ne pas permettre une décoloration aussi rapide (voy. *Action des alcalis sur le noir*). En cela, et en cela seulement, la carbonatation l'emporte sur la défécation.

Digitized by Google

834. La carbonatation est inévitable dans le traitement non immédiat des jus. Pour les nombreux essais de mon procédé de conservation, et son application faite chaque jour, sur une échelle de plus en plus vaste, dans les râperies, il est nécessaire d'employer plus de 1/100 de chaux. Les jus de râperie, traités au bout d'une semaine au plus, peuvent, à la rigueur, ne pas recevoir plus de 1/100 ; les jus destinés à être conservés pendant plusieurs mois, ou plusieurs années, doivent être mêlés avec une quantité plus forte, 2 à 5/100. En pareil cas, la carbonatation de toute la chaux, dissoute, est nécessaire. Mais les jus conservés, eux-mêmes, n'éprouvent pas, au moment de la carbonatation, des effets de purification proportionnés à la totalité du carbonate produit. Les effets essentiels sont dus à une quantité de chaux qui ne dépasse guère 1/100, même lorsque 2,5/100 s'y trouvent réellement en dissolution. Et ces effets, je le répète, sont dus presque uniquement, non pas au carbonate correspondant à 1/100 de chaux, mais aux matières telles que le phosphate d'alumine, celui de chaux, les pectates, etc., dont la puissance pour former des *laques*, avec la matière colorante des jus, est incomparablement plus grande que celle du carbonate de chaux.

835. Plusieurs personnes ont soutenu l'opinion contraire : on a vu dans le carbonate un agent d'une grande puissance, et comme cette idée n'est pas soutenable pour le carbonate après sa formation, elle a été rattachée au carbonate *à l'état naissant*, état fort peu connu encore à l'époque, mais dont j'ai donné depuis la véritable explication (1). Cet état naissant ne rend pas le carbonate plus efficace ; en voici la preuve : Prenons d'abord un liquide coloré, plus simple que le jus de betterave, par exemple du tournesol, et dans un volume déterminé de ce liquide, 50 centimètres cubes, faisons tomber 1 gramme de carbonate de chaux, ou pierre à chaux, finement pulverisé : filtrons, notre liquide passera intact et notre carbonate restera coloré, seulement par la petite partie du liquide retenu capillairement. Un petit lavage à l'eau suffit pour entraîner ce liquide et remettre le carbonate

(1) *Les Mondes*, numéro du 11 juillet 1872.

Digitized by Google

à l'état naturel. Faisons une deuxième expérience : dans 50 autres centimètres cubes de tournesol, versons 1 gramme carbonate précipité au moment même, par chlorure de calcium et carbonate de soude, dans cent fois leur poids d'eau, filtration, lavage etc. ; nous trouverons de ce carbonate floconneux, très-divisé, presque aussi peu d'action. Cependant, son état est fort peu différent, s'il l'est, de l'*état naissant* proprement dit tel qu'on le comprenait. Mais nous pouvons le prendre à cet état lui-même : faisons la précipitation, dans le tournesol, en dissolvant le chlorure de calcium dans 10 centimètres cubes, et le carbonate de soude dans les 40 autres. Même de cette manière, et malgré l'état naissant cette fois, nous n'aurons pas d'effet plus sensible. Les mêmes faits se produisent avec les matières véritablement puissantes, avec le phosphate d'alumine, par exemple. Ce phosphate n'a pas d'action notablement plus grande à l'état naissant. Délayons, dans 50 centimètres cubes de tournesol, 1 gramme de phosphate récemment précipité ; nous absorbons toute la matière colorante, et, par filtration, il passe un liquide presque incolore, ou incolore. Précipitons le phosphate dans le tournesol même, et nous n'avons pas plus d'effet.

Ce qui a lieu pour le tournesol a lieu pour les jus sucrés, à peu de chose près. Ce n'est pas le carbonate, né ou naissant, qui les défèque et les décolore, ce sont les substances beaucoup plus actives formées, comme le carbonate, par la chaux et précipitées avec lui.

Une dernière preuve ne laisse à cet égard aucun doute ; la température des défécations, ou des carbonatations elles-mêmes, est élevée jusqu'à 100°, 98, 96 ou au moins 80. Cela suffit pour faire passer le carbonate, de l'état floconneux $CaO.CO^2(HO)^5$, à l'état grenu ; ou anhydre $CaO.CO^2$. A ce dernier état, il ne conserve certainement aucune puissance ; et, s'il avait absorbé la couleur des jus dans son premier état, il la restituerait dans le second, ce qui n'a pas lieu, à la seule condition d'éviter l'excès d'acide carbonique. La couleur est remise en liberté dans ce dernier cas, non pas à cause de la dissolution du carbonate, changé en bicarbonate, car la presque totalité du carbonate reste intacte et ne se dissout pas ; mais par suite de la solubilité des phosphates, etc., dans la petite quantité de bicarbonate formé.

Digitized by Google

L'importance de la rapidité du chauffage étant comprise, nous pouvons chercher ce qu'il faut de vapeur, dans un temps déterminé, pour amener une masse de jus, indiquée d'avance, à la température nécessaire, soit 100°. — 1000 kilogrammes de jus, pouvant être considérés comme de l'eau pure, demandent pour monter de + 10° à 100°., 90,000 calories. La vapeur employée en fabrique étant généralement à 5 atmosphères, ou + 153°, se condense d'abord à + 10°, plus tard à 100°, ou en moyenne à + 55°. Or elle contient 153° + 536 = 689 calories par kilogramme et elle abandonne 689 — 55 = 634. Il faut donc pour chauffer 1000 kilogrammes de jus

$$\frac{90000}{634} = 141{,}96 \text{ kilogrammes de vapeur,}$$

ou 1/6 de charbon, soit 23^{kil}, 66.

836. On a cru longtemps pouvoir affirmer l'existence du sucrate de chaux dans les écumes : nous venons de voir des preuves du contraire dans les carbonatations, même dans celles où la chaux est la plus abondante (831).

837. La carbonatation s'exécute dans des chaudières ou bacs, dont la disposition générale est représentée figure 166, vue de face.

BB' est un bac carré de 2 à 4 mètres de côté, sur 1 mètre de profondeur ; sa capacité varie, par conséquent, de 4 à 16 hectolitres. Il est tout entier en tôle de fer de 3 à 4 millimètres d'épaisseur. Le jus chaulé le remplit jusqu'au niveau n', où l'ouvrier l'arrête aussitôt qu'il coule, par un petit robinet r, dans un godet portatif (non représenté). Le gaz acide carbonique du four est alors introduit en ouvrant le robinet Z, d'une prise faite sur le tuyau A, distributeur général relié au tube D de la figure 164.

Le gaz, dont l'acide carbonique réel est, à peu près complétement, absorbé par le jus, s'élève, par les nombreux trous du tube L L', plié en carré ; après avoir fortement agité le liquide et produit une écume plus ou moins volumineuse, il s'échappe sous la hotte (dont le bord antérieur HH' est seul représenté) ; cette hotte est destinée à faire évacuer, le plus hâtivement possible, toute la partie non

Digitized by Google

absorbable du gaz, et surtout l'oxyde de carbone, dangereux pour la respiration. Étendue sur toute la file des chaudières, elle doit être divisée en compartiments, correspondant chacun à l'une d'elles et terminé par un tuyau d'appel, en bois ou en fer, élevé jusqu'au-dessus du toit de la fabrique. A mesure de l'introduction du gaz, l'ouvrier *défèqueur* mouveronne l'écume (en appuyant le manche de son mouveron dans l'échancrure E E') afin de la briser et de l'em-

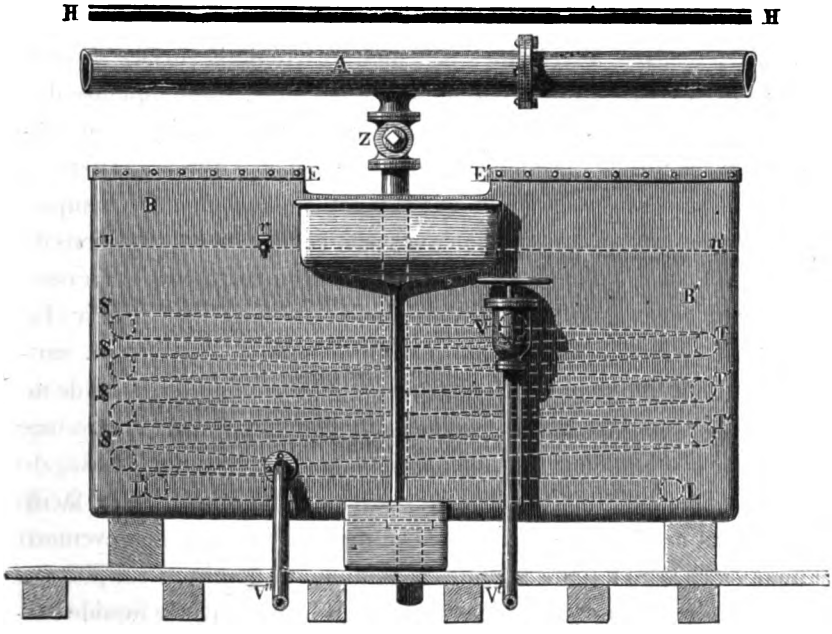


FIG. 166.

pêcher de déborder. C'est la partie désagréable des carbonatations. Les jus riches en matière mucilagineuse offrent cet inconvénient au plus haut degré : le liquide mousse, en raison de la viscosité de ces matières, de la rapidité d'arrivée du gaz et de la température : il faut modérer la rapidité du gaz avec soin dans le commencement.

En même temps la vapeur est amenée, très-doucement d'abord, en tournant la roue horizontale du robinet-valve V, d'une prise V V' sur

Digitized by Google

les générateurs. Cette vapeur court dans le serpentin VSS′ S″ S‴ TT′ T″ V″ et retourne par un tube, plusieurs fois courbé, dans le ballon des retours.

838. Malgré le bouillonnement du gaz, et malgré le chauffage du jus, l'ouvrier réussit quelquefois, par un mouvement énergique, à contenir l'écume sans laisser déborder; s'il n'en est pas maître, on lui fournit l'un des moyens suivants :

1° Une certaine quantité d'huile, ou d'une graisse très-fusible, dont il jette 10 à 30 grammes par mètre carré de la surface du jus, à peu près : cette huile ne laisse par subsister la voûte aqueuse des bulles, elle repousse l'eau avec les substances dissoutes, ou en suspension, et forme elle-même une voûte huileuse que le gaz perce à l'instant sans aucune peine. Ce moyen est connu depuis longtemps : il remonte aux premières époques de la fabrication du sucre de canne, où l'on a reconnu l'utilité du beurre, ou autre matière grasse, et d'enlever la mousse, avec l'écumoire, pour lui donner de l'air (1).

2° *Émousseurs ou brise-mousses.* — Les défécations et carbonatations ont, parmi beaucoup d'autres inconvénients, celui de ne pouvoir jamais être accomplies sans auxiliaires spéciaux contre une quantité plus ou moins grande, mais toujours très-considérable, de *mousse* et contre une quantité, très-forte aussi, d'*écumes*. Il est facile de ne pas confondre les deux mots : mousse veut dire soulèvement de la surface du liquide en bulles plus ou moins nombreuses, plus ou moins volumineuses et dont les parois sont formées par le liquide lui-même demeuré limpide; écume signifie un assemblage, plus ou moins volumineux, de sels alcalins soutenus, malgré leur grande densité, à la surface du jus sucré, par de petites bulles gazeuses développées à mesure du chauffage; cet assemblage acquiert, dans certains cas, une cohésion suffisante pour former une croûte sur le liquide et n'y pas retomber, même en vingt-quatre ou trente-six heures.

839. La *mousse* est très-gênante : elle peut être assez volumineuse pour entraîner une grande partie du liquide, à mesure de sa

(1) Lebreton, *Traité de* 178), p. 93.

Digitized by Google

production, ou même le liquide tout entier; il est nécessaire de ne pas en former, ou de pouvoir la réduire. On connaît heureusement, depuis longtemps, l'excellent moyen dont il vient d'être parlé. On obtient de cet emploi des résultats vraiment merveilleux : 60 ou 70 grammes d'huile suffisent pour faire tomber la mousse de 1000 kilogrammes de jus; c'est une dépense de 10 centimes, en moyenne, dépense malheureusement trop facile à augmenter par le *coulage*. Lorsqu'elle atteint 15 centimes, ou à peu près, c'est 30 centimes à compter par sac de sucre et ce n'est pas négligeable. En outre, les corps gras ont un inconvénient dont il faut tenir compte : ils sont promptement saponifiés, par la potasse ou la soude libres des jus, et se changent en savons doués d'une influence fâcheuse contre la cristallisation du sucre. Tout au plus doit-on déduire de la dépense le prix de cette quantité de savon concentré dans la mélasse et vendu avec elle. 100 grammes de corps gras peuvent donner 300 grammes de savon; au prix moyen de 10 centimes le kilogramme de mélasse, on retrouve ainsi à peu près trois centimes, faible adoucissement. On a diminué la dépense et fait disparaître les inconvénients de la saponification en faisant usage des hydrocarbures à bas prix, huile lourde de houille, de pétrole; on peut obtenir ces corps, sans odeur prononcée, à 40 centimes le kilogramme et réduire ainsi la dépense des deux tiers.

840. Beaucoup de moyens mécaniques ont été proposés : les uns purement mécaniques, les autres physico-mécaniques, c'est-à-dire unissant l'emploi d'une machine et d'un agent physique, l'air, la vapeur, etc. Passons en revue les principaux :

1° *Brise-mousses purement mécanique. — Quarez.* — Au-dessus de la surface du jus, on établit un axe horizontal, porteur de lames en fer plat, longues de 120 millimètres, larges de 60, espacées de 20 à 25 et un peu courbées à l'extrémité; muni des roues d'angles nécessaires, cet arbre peut faire vingt tours par minute; les lames fixées, en deux séries, de chaque côté de l'axe, en passant à 10 centimètres de la surface, déchirent la mousse et l'empêchent de dépasser ce niveau. Un inconvénient évident de cet engin, c'est la

Digitized by Google

projection des flocons d'écume, cause de gêne et de pertes dont on ne peut éviter les effets sans couvrir les chaudières. Un autre inconvénient très-sérieux, c'est la dépense ; on ne fait pas tourner une machine, quelle qu'elle soit, sans la payer d'abord, sans brûler du charbon ensuite, et enfin sans l'entretenir en bon état. Le brise-mousse dont nous parlons, sans être très-coûteux, a une valeur : il en faut plusieurs par chaudière, si l'on veut être assuré de son action. Il cause au moins autant de dépense que l'huile. Sa présence sur les chaudières est une gêne assez grande.

2° *Brise-mousses physico-mécaniques.* — Je dirai seulement un mot des brise-mousses *à vapeur*. On ne peut avoir une idée plus défavorable au bon travail des jus. Il faut une quantité de vapeur notable pour faire tomber la mousse, au moins 3 kilogrammes pour 1000 litres de jus, ou 6 kilogrammes par sac de sucre, à bien peu près ; c'est 1 kilogramme de charbon, ou 3 centimes ; 1/10 de la dépense pour l'huile. Mais la dépense doit être comptée double, car après avoir amené de la vapeur dans le jus, c'est-à-dire de l'eau, il faut de nouveau vaporiser cette eau, c'est-à-dire dépenser 3 autres centimes. Si l'on considère en outre la très-mauvaise action de la vapeur, en raison de la température élevée, 153°, où elle expose les parties de jus soulevées en mousse, on comprendra bien aisément la nécessité de ne jamais employer les brise-mousses à vapeur, même quand ces appareils ne demandent pas de force motrice.

841. L'idée la plus pratique est celle de Morelle : arroser les mousses avec du jus.

Après plusieurs modifications, l'auteur paraît s'être arrêté au dispositif suivant : Un seau conique est établi à 20 ou 25 centimètres au-dessus du niveau du jus, au moyen d'un axe vertical fixé par son extrémité inférieure au fond du seau ; par son extrémité supérieure, avec l'intermédiaire de roues d'angles, à un arbre horizontal élongeant toutes les chaudières. Ce seau reçoit une certaine quantité de jus et peut être mis en rotation, autour de son axe, à un peu plus de 200 tours, par manchon d'embrayage et poulies, comme au § 765 ; à cette vitesse la force centrifuge élève le jus du seau jus-

Digitized by Google

qu'au-dessus de ses bords, et projette circulairement ce qui les dépasse, en une nappe à peu près horizontale, qui fauche les mousses et les fait tomber, en moins de 2 minutes. Il faut répéter six ou huit fois l'opération. — La nappe est rendue horizontale par un large *abat* annulaire soudé à 10 ou 12 millimètres au-dessus des bords.

Ce brise-mousses ne demande pas une grande force, n'ajoute pas d'eau dans les jus, ne cause aucune altération par la chaleur et mérite assurément toute préférence.

842. 3° *Brise-mousses physique*. — Plusieurs personnes ont songé à empêcher la formation de la mousse par une pression plus ou moins forte exercée sur la surface du liquide. L'idée de remédier au fastidieux inconvénient des écumes en opérant dans un vase clos a été, je crois, émise pour la première fois dans un brevet pris par Barreswill. Une pression, même faible, met des obstacles très-grands à la production des écumes : un agitateur, nuisible dans les vases ouverts, est très-peu gênant dans les vases fermés, où il rompt les écumes avec promptitude sans rien projeter, hors du vase, sur les ouvriers. L'idée fut mise en pratique dans plusieurs fabriques des environs de Lille (à ma connaissance,— peut-être dans d'autres) et ne paraît pas avoir prévalu. C'est un moyen puissant et qui permettait d'absorber l'ammoniaque en même temps; mais les inconvénients d'un matériel spécial sont assez grands pour des fabriques où l'abus du matériel est devenu cause de ruine.

843. La double carbonatation exige deux opérations tout à fait semblables à celle que nous venons de décrire, c'est-à-dire deux carbonatations simples. Chacune de ces carbonatations simples est pratiquée dans des chaudières très-analogues, sinon semblables, à celle de la figure 165. Après la première carbonatation, faite à 1/1000 environ, le jus trouble est versé dans le décanteur dont nous parlerons dans un instant (§ 845) et le jus clair, obtenu de la décantation et du filtre-presse est ramené dans la seconde chaudière où on veut faire la deuxième carbonatation. On ajoute la quantité de lait de chaux jugée nécessaire, on mêle bien, on amène le gaz et on

Digitized by Google

sature, cette fois, presque complétement, à 1/5000 ou même 1/10000; on coule dans le décanteur, etc.

Je ne saurais trop protester contre cette seconde opération : elle est inutile et coûteuse; en effet, le jus de la première carbonatation, s'il est décoloré (et il doit l'être), ne peut recevoir aucune amélioration réelle par la deuxième carbonatation. Il est facile de s'en assurer par l'analyse ou simplement par la comparaison des cuites. Aujourd'hui tous les fabricants attentifs le savent comme moi.

La carbonatation peut être faite en une seule opération. Il faut employer d'un seul coup la proportion de chaux convenable, carbonater de suite à 1/5000, ou même 1/10,000 et envoyer aux décanteurs et au filtre-presse. Le jus est décoloré et défèqué tout autant qu'il peut l'être, et sa faible alcalinité est enlevée sans peine dans le triple effet et les filtres à noir. Nous verrons plus loin un procédé simple pour diminuer la proportion de chaux et obtenir, plus économiquement, des résultats tout aussi beaux. (Procédé des dépôts mixtes.)

844. Le terme exact des carbonatations demande à être observé soigneusement : le jus rendu presque incolore, ou incolore (celui qui a été conservé plus d'un mois, par ma méthode, l'est toujours) par une carbonatation un peu incomplète, c'est-à-dire après laquelle il n'est pas tout à fait neutre et demeure un peu alcalin, peut être ramené presque à son état primitif, avec sa couleur noire, etc., si l'on dépasse le terme, si l'on amène assez d'acide carbonique pour faire du bicarbonate, ce qui suffit pour décomposer les combinaisons si faibles de la chaux avec l'œnocyanine ou d'autres matières organiques.

Il est donc essentiel de saisir le point précis de la neutralisation et même de ne pas l'atteindre rigoureusement, c'est-à-dire de laisser un faible excès d'alcali libre dans les jus et d'arrêter le gaz des fours lorsqu'il reste, par exemple, 1/2000 de chaux encore dissoute. Plusieurs moyens peuvent être employés dans les fabriques :

1° On peut mettre à la disposition de l'ouvrier des bandes de toile fine imprégnées de curcuma. La couleur jaune pâle de ce corps

Digitized by Google

passe très-facilement au rouge brunâtre par la proportion d'alcali indiquée. Le changement est très-sensible, même la nuit à la lumière des lampes ;

2° Le jus présente à ce moment, non-seulement une nuance très-claire, mais en même temps une facilité de décantation remarquable. L'ouvrier prend une petite quantité de jus trouble (dans une casserole de fer battu, par exemple,) pour le soustraire aux mouvements de l'ébullition et à l'aspect du jus en repos, où le carbonate calcaire presque complétement formé se dépose d'une allure rapide; il peut juger très-approximativement l'état de carbonatation, surtout avec un peu d'habitude ;

3° Mais ces deux moyens ne donnent pas une *mesure*, et l'on a essayé de mettre aux mains de l'ouvrier un moyen d'aller jusque-là. On ne le peut sans avoir recours aux actions chimiques et aux liqueurs titrées. Par exemple, une solution de chlorure de cuivre (CuCl) peut être préparée de manière à être décomposée juste par le demi-millième de chaux que nous voulons faire substituer dans les jus. Il suffit de la charger dans un même volume de la quantité de chlorure *équivalente*. Pour 1 gramme de chaux CaO il faut $\frac{63^{gr},5}{28} = 2^{gr},411$. Faisons dissoudre moitié de ce poids $1^{gr},2055$ dans 1 centimètre cube ou, ce qui est beaucoup plus facile, mille fois cette moitié dans 1 litre, soit 1205,5 grammes ; nous aurons une liqueur dont le mélange avec un égal volume de jus clair produira une décomposition exacte et donnera :

$$CuCl + CaO = CaCl + CuO$$

en faisant abstraction de l'eau.

Prenons 1 centilitre, ou 10 centimètres cubes, de jus clair dans un verre à boire ; ajoutons 1 centilitre de notre liqueur, mêlons bien avec une baguette de verre et filtrons ; le liquide filtré contiendra du chlorure de calcium incolore et tout l'oxyde de cuivre sera retenu dans le papier. Comment savoir si la neutralisation est bien exacte ? Si notre jus conserve plus de 1/2000 de chaux après la filtration, la liqueur sera encore alcaline, condition facile à apprécier au moyen

Digitized by Google

de nos toiles ou papiers de curcuma. Si d'un autre côté nous avons passé le terme de 1/2000, la liqueur filtrée contient du cuivre et présente une faible action acide. Celle-ci ne peut être facilement estimée, surtout la nuit ; mais on peut recourir à une autre action. La moindre trace de cuivre en dissolution peut être rendue sensible par une solution de ferrocyanure de potassium ; une goutte de cette solution donne un précipité rouge foncé, et elle le donne à l'instant même. On met une ou deux gouttes du liquide filtré sur un papier blanc, on ajoute, avec une autre baguette, une goutte de ferrocyanure ; si la couleur rouge paraît, on a du cuivre ; c'est que la chaux se trouve déjà au-dessous de la dose 1/2000. On ferme le robinet de la distribution du gaz. — Il est clair que cette petite opération réclame une main sûre, un ouvrier soigneux. J'ai pris celle-là comme exemple : mais, il faut bien le dire, elle est loin de donner la précision dont elle paraît capable. Le chlorure de cuivre est facile à obtenir, mais il est vénéneux, ce qui ne le recommande pas. La mesure des liqueurs ne peut être faite avec des pipettes en verre. elle l'est avec des mesures de caoutchouc durci dont la capacité ne se conserve pas en chauffant. C'est donc une méthode délicate. J'ai cru pourtant devoir en parler.

On peut remplacer le cuivre par le zinc et essayer la liqueur filtrée avec le curcuma ; si le papier rougit, la chaux dépasse encore le point voulu ; si le papier reste jaune, on manque de chaux : il faut arrêter le gaz.

845. Les jus troubles des carbonatations contiennent, après l'absorption du gaz carbonique, une telle dose d'*écumes*, que la filtration immédiate et totale de ces jus a paru longtemps impraticable : on a cru devoir la faire précéder d'une décantation, c'est-à-dire abandonner le liquide trouble à lui-même jusqu'à ce que le dépôt calcaire soit tombé au fond du vase, en une couche distincte, plus ou moins réduite, mais laissant au-dessus d'elle une partie du liquide, claire, limpide, comme si elle avait été filtrée, toute prête, en un mot, à rentrer dans l'appareil d'évaporation. Pour atteindre ce but, on a imaginé les *bacs décanteurs*.

Digitized by Google

846. *Décantation. — Bacs décanteurs.* — Les jus soumis à la carbonatation contiennent une masse de carbonate de chaux mêlé de sels organiques calcaires, capable de se déposer facilement, en grande partie, et de donner, sans autre travail, une première partie de jus clair, convenable pour l'évaporation immédiate, le reste devant être soumis à une filtration et à certaines opérations ultérieures. Nous allons examiner d'abord la décantation :

Nous supposerons un jus traité, en une ou deux fois, par 3 centièmes de chaux pure, CaO. Ces 3 centièmes deviennent : d'abord du carbonate hydraté $CaO.CO^2(HO)^5$; en prenant le poids total $3 \times 95/28 = 10,2$. Un peu plus tard, de floconneux, ce carbonate passe à l'état grenu, en perdant de l'eau $CaO.CO^2(HO)^5 = CaO.CO^2 + 5HO$ et se réduit à $3 \times 50/28 = 5,35$. Le premier état subsiste jusqu'à la température 80° — 90° dans la liqueur alcaline : il disparaît à 100°, ou par l'excès de CO^2. On peut donc avoir dans 100 litres de jus (en négligeant la densité) :

$10^{kil},2$ de carbonate floconneux $CaO.CO^2(HO)^5$ jusqu'à 80°-90°
$5^{kil},35$ de carbonate grenu $CaO.CO^2$ ..... à 100°

La densité de ce carbonate = 2,72. Les $5^{kil},35$ ont donc un volume $\frac{5,35}{2,72} = 1^{lit},97$. C'est-à-dire que le dépôt de carbonate pur et sec occuperait en une seule masse $1^{lit},97$. En grains innombrables, le volume apparent serait d'au moins 1/2 en sus, soit donc 3 litres dont les interstices sont remplis par du jus. — D'ailleurs le carbonate est mêlé d'un peu de sels organiques calcaires, volumineux, retenant plus de liquide, ce qui peut porter le volume total à $3^{lit},5$.

Ainsi le dépôt de carbonatation dans 1 hectolitre de jus traité à 3 centièmes de chaux occupe, *à son plus petit volume*, 3 à 3,5 litres.

Il n'est pas possible d'obtenir par la décantation, en très-peu de temps, une séparation du jus en ces deux parties :

Jus clair limpide.....	97 à	96,5
Dépôt le plus réduit.....	3 à	3,5
	100	100,0

Digitized by Google

Mais on peut, en 30 minutes, obtenir sans peine :

Jus clair.....	80
Dépôt très-liquide.....	20
	100

Les décanteurs employés jusqu'à présent sont des bacs peu profonds ou de grandes rigoles où l'on amène la partie trouble du jus pour l'abandonner à elle-même pendant 20, 30, 60 minutes. On fait écouler du mieux possible la plus grande partie du jus clair : le reste est envoyé aux filtres-presses.

Le travail de décantation ainsi exécuté constitue d'assez grandes dépenses de temps et d'argent. Le jus clair est obtenu par la série d'opérations assez compliquées dont nous devons bien préciser le détail : on fait couler d'un seul coup le jus de la chaudière de carbonatation dans un bac de même capacité, placé en contre-bas : le bac décanteur. Après 30 minutes, la partie du jus clair est envoyée, par des rigoles et des tubes, dans des bacs réservoirs, *bacs d'attente*, où ce jus perd souvent toute sa chaleur avant d'être aspiré dans le triple effet (2e évaporation). Le jus trouble est envoyé, par une autre rigole, au monte-jus des filtres-presses, dont nous parlerons dans un instant, et le jus clair provenant de ces filtres est réuni au premier dans les bacs d'attente, pour alimenter l'évaporation.

Il faut donc, pour cette seule partie du travail : un bac décanteur, les rigoles et tubes de communication aux bacs d'attente, le bac d'attente, les rigoles et tubes communiquant à un monte-jus, le monte-jus et les filtres-presses. Voilà un ensemble d'appareils assez coûteux; mais, en outre, on perd toute la chaleur du jus, dans un grand nombre de cas au moins, et cette perte est forte. 1000 kilogrammes de jus ramenés de 100 à 20 degrés perdent 80000 calories ou 11 kilogrammes de charbon à peu près, soit 33 centimes au moins.

Perret a essayé de rendre l'opération plus simple, moins coûteuse, par un *décanteur continu* dont nous parlerons tout à l'heure. C'est un grand bac divisé en plusieurs compartiments entre lesquels on peut établir une communication pour permettre au jus de passer de l'un à l'autre et opérer une décantation continue.

Digitized by Google

847. On ne peut laisser la décantation se produire dans les chaudières elles-mêmes : il est préférable de placer un bac d'égale capacité en contre-bas de chacune d'elles et, aussitôt la carbonatation achevée, de faire couler dans ce bac tout le liquide à décanter. Telle est en général la position des *décanteurs*. Quelle forme doit-on donner à ces vases? Le but visé est double : il faut conserver le plus possible la chaleur du liquide, pour faciliter le dépôt et par économie ; de plus il faut pouvoir évacuer les dépôts, après décantation, le plus rapidement et le plus complétement possible. La forme sphérique serait la meilleure à tous ces points de vue, mais le prix des instruments en serait trop augmenté ; les bacs sont carrés et on se rapproche, autant que possible, des avantages de la forme sphérique en les construisant de manière à donner au liquide une hauteur égale à ses deux autres dimensions. Pour rendre l'évacuation des dépôts très-facile, on incline le fond d'un côté, ou vers son centre, et on ajuste le robinet de décharge au point le plus bas.

848. La décantation proprement dite peut être faite de bien des manières : l'une des plus simples consiste à prendre le liquide clair, par sa surface, au moyen d'un siphon flotteur, dès que ce siphon peut aspirer le jus éclairci. L'instrument est formé d'un tube de caoutchouc ajusté, d'un bout, au centre d'un disque creux en tôle galvanisée assez grand pour flotter sur le jus, malgré le poids du tube, et tenir les bords de l'orifice horizontalement, à deux ou trois centimètres au-dessous de la surface du liquide : ajusté, de l'autre bout, à un robinet de bonne ouverture fixé par un collier à la paroi extérieure du bac. L'ouvrier décanteur amorce le siphon, ouvre le robinet et laisse couler le jus clair dans le caniveau général conduisant au réservoir d'alimentation. On comprend le facile usage de cet instrument ; l'ouvrier règle l'ouverture du robinet sur la rapidité du dépôt ; le flotteur descend à mesure et tient l'orifice du tube toujours baigné de même dans le liquide : lorsqu'il atteint la partie trouble, l'ouvrier tourne le col de cygne ajusté sur le robinet et dirige le jus trouble dans le second caniveau, puis il ferme le robinet du siphon ; et, si la décantation ne peut être poussée plus loin, il ouvre le robinet

Digitized by Google

de décharge, aussi dans le second caniveau, pour envoyer le dépôt aux filtres-presses. — Le flotteur et le siphon sont accrochés pendant le repos au-dessus du bac. — Il ne faut jamais couler une deuxième chaudière dans le décanteur, si la couche mince du dépôt, restant après la décharge, a été laissée longtemps à elle-même et est le moins du monde en fermentation. Un balayage et un lavage attentifs doivent précéder, en pareil cas, la décantation suivante.

849. Au lieu d'un tube de caoutchouc, on peut faire usage d'un tube métallique T, figure 167; on soude ce tube au boisseau S d'un

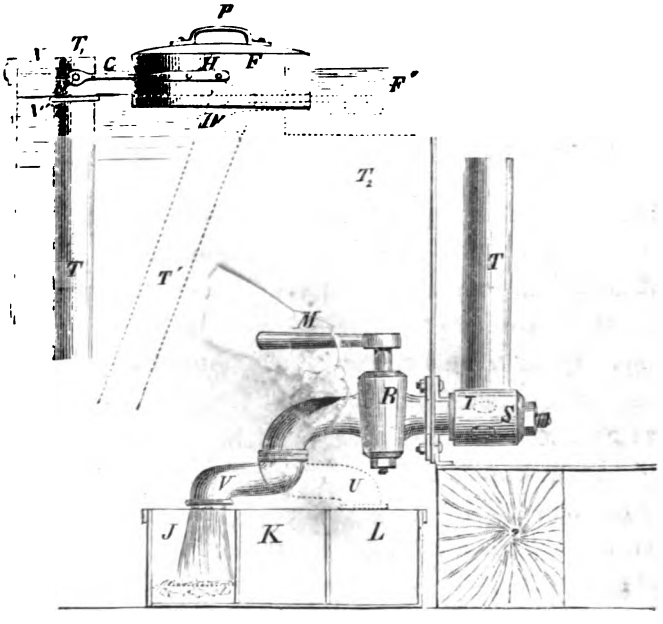


Fig. 167.

robinet à clef fixe, creuse et percée de trous I, destinés à tenir le tube en communication constante avec l'intérieur de la clef, qu'il soit droit T T, ou incliné T' D', en tournant de T vers T^2, etc. — Lorsque le jus est devenu clair à une profondeur de quelques centi-

Digitized by Google

mètres, au-dessous du niveau primitif N, on adapte, aux deux oreilles D, la fourche DG solidement fixée, en H, au flotteur F. La fourche, ou étrier, possède une élasticité suffisante pour laisser écarter ses deux branches, engager les oreilles, ou tourillons, D, et les serrer ; elle peut tourner autour de ces tourillons, à mesure des mouvements du flotteur, entraîné par l'abaissement du liquide. L'ouvrier fait d'abord incliner le tube vers la droite, pour y introduire le liquide clair; il ouvre le robinet R M, le jus s'écoule dans le caniveau J, conduisant au bac d'attente, avant l'admission au triple effet. L'écoulement continue, le flotteur descend, entraîne le tube dont l'orifice est maintenu par lui toujours près de la surface; tant que le jus est clair, on laisse le nez mobile V dans le caniveau J ; mais lorsqu'on arrive aux écumes, l'ouvrier, sans même fermer le robinet R, fait brusquement passer le nez dans le caniveau K, ou même en U dans un troisième caniveau L, conduisant les dépôts au filtre-presse. La décantation terminée, l'ouvrier vide le bac, en ouvrant une vanne de fond (non représentée), qui laisse arriver les dépôts dans le même caniveau L. — L'ouvrier enlève alors le flotteur, en écartant les branches de la fourche, et prenant ensuite l'anse P, pour suspendre l'instrument à une place convenable.

880. Perret, fabricant distingué de Roye, a fait un *décanteur continu* par la réunion de plusieurs bacs disposés de manière à obtenir un écoulement continuel de jus limpide. Il divise un grand bac en quatre, six, huit compartiments égaux, établit, sur chaque bord supérieur des cloisons, une vanne pour verser le jus d'un compartiment dans l'autre, ou le retenir, et, au fond de chaque compartiment, un tube métallique à peu près semblable au tube tournant décrit dans le précédent article. Au-dessus du bac est amené le jus trouble par un robinet, à nez tournant, qui le verse, à volonté, dans le compartiment n° 1, n° 2, n° 3, etc.—Supposons dans le n° 1. Pendant le temps nécessaire à son emplissage, le jus commence à s'éclaircir, s'il est conduit jusqu'au fond du compartiment par un tube ajusté sur le nez du robinet. On ouvre la vanne entre 1 et 2; le jus montant, déjà presque clair, coule dans le compartiment n° 2, remplit

Digitized by Google

peu à peu ce deuxième décanteur, en se clarifiant davantage, passe ensuite dans le n° 3, puis le n° 4, etc., et arrive au dernier complétement éclairci. Le tube tournant de ce dernier décanteur peut être conduit par un flotteur, comme dans le décanteur simple du précédent paragraphe, et donner, pendant un temps assez long, du jus très-clair bon pour l'évaporation. L'écoulement dure jusqu'à complète obstruction du compartiment n° 1. Alors on ferme la vanne de 1 à 2, on tourne le nez du robinet au-dessus du n° 2, et l'on y fait arriver directement les jus troubles ; on vide le n° 1 et l'on envoie ses dépôts au filtre-presse ; on le lave et il devient le dernier décanteur, celui où vient le jus le plus clair. Le n° 2 devient n° 1 ; le n° 3 le n° 2, et ainsi de suite. Un tel ensemble fait gagner du temps et économiser de la chaleur. L'appareil n'est pas adopté partout, cependant ; il faut attribuer son délaissement à l'habitude prise, de plus en plus, de filtrer la totalité des jus dans les filtres-presses et d'éviter tout décanteur.

FILTRES-PRESSES

881. Examinons maintenant les filtres-presses :

Imaginés par Howard en 1814, perfectionnés par W. Needham et J. Kite en 1853, puis par Jacquier, Daneck, Trincks et un grand nombre de constructeurs, ils peuvent être représentés aujourd'hui par les deux types suivants :

1° *Filtre-presse Durieux et Rœttger.* — Il est représenté figures 167, 168, 169. C'est un assemblage de cadres en fonte, constituant chacun un filtre Taylor, avec cette importante addition de parois assez fortes pour supporter une pression de plusieurs atmosphères, ce qui permet d'accélérer la filtration et de la rendre plus complète, en faisant agir la vapeur.

Cette série de cadres, ou plateaux annulaires en fonte AA'_1 BB', figure 167, munis chacun de deux appendices, destinés à les soutenir et à les faire glisser sur deux tiges horizontales très-fortes, CC', en avant de la figure, et BB', en arrière, remplit bien les conditions

Digitized by Google

générales que nous venons d'indiquer : il est facile de le comprendre.

Examinons le détail d'un cadre : chaque plateau, ou cadre, est représenté en détail figures 168 et 169 ; C_1C, sont les coupes des tiges

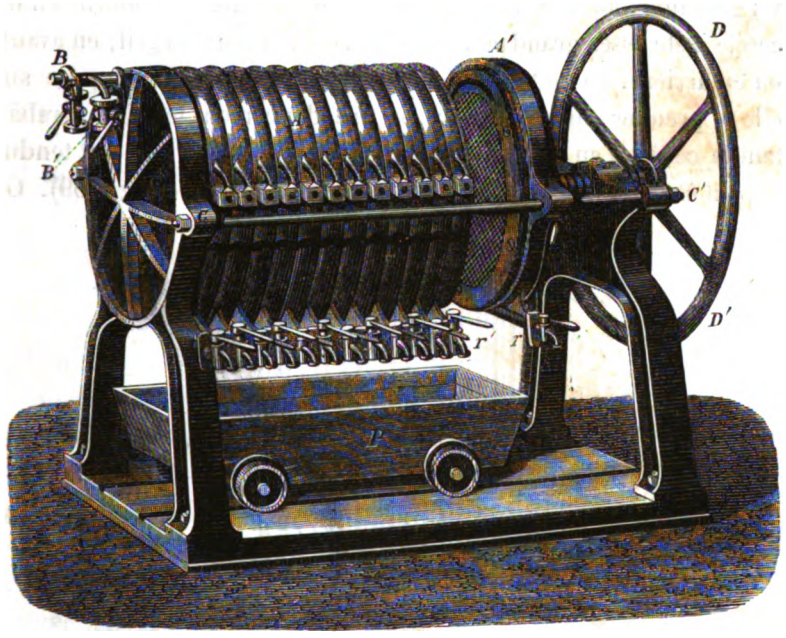


Fig. 168.

horizontales, B l'anneau de fonte : il est creusé, perpendiculairement au plan de son cercle, d'un trou perforant J, qui réuni, par le serrage de tous les cadres, avec les autres trous semblables, forme un tube de distribution des jus troubles dans tous les compartiments à la fois. Chaque cadre est une sorte de filtre Taylor (ou, mieux, sert à construire une sorte de filtre de ce genre, comme nous allons le dire) : chaque anneau est fondu avec un grand nombre de barrettes verticales YY, à section rectangulaire, formant un gril, moins épais que l'anneau : sur ce gril solide, on applique, des deux côtés, une feuille de tôle perforée, destinée à soutenir une toile épaisse circulaire, servant de filtre. Cette toile est d'une belle qualité : on la coupe

Digitized by Google

un peu plus grande que le cercle intérieur du cadre. On l'ourle avec soin, en faisant une coulisse dans laquelle on passe un bon filin : elle doit, en cet état, posséder 1 diamètre de 5 centimètres plus grand que celui de l'anneau sur lequel on veut la tendre : cet anneau est un gros fil de fer d'environ 1 centimètre de diamètre, courbé en un cercle juste assez grand pour entrer dans le creux du gril, en avant, ou en arrière. La toile étant étendue sur une table, on pose sur elle le premier anneau de fer, on tire doucement le filin en rabattant la coulisse en dessus, et l'on fait un nœud. La toile est tendue et peut être appliquée sans peine sur la tôle perforée (fig. 169). On

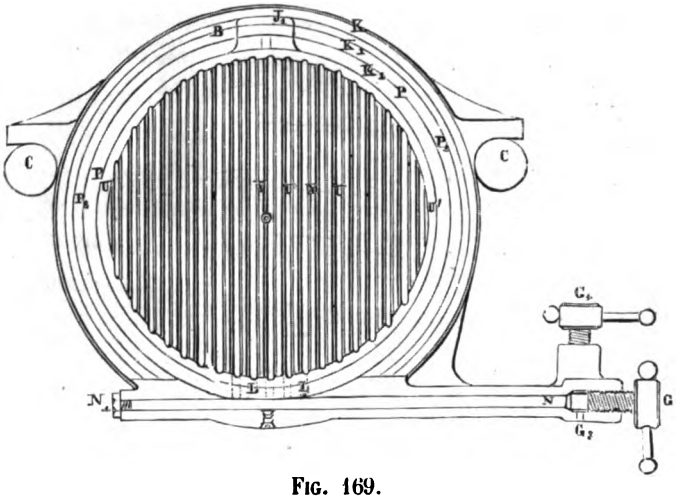


Fig. 169.

en met une de chaque côté. Lorsque les cadres, ainsi munis de leurs toiles, sont pressés les uns contre les autres, le jus trouble remplit les intervalles entre la toile d'arrière d'un cadre, et la toile d'avant de celui qui le suit; les parcelles solides sont retenues par la toile et le jus clair, extravasé, peut couler dans les intervalles des barrettes et par un certain nombre de conduits $L_1 L_1$ (percés dans l'épaisseur de l'anneau, symétriquement de chaque côté de l'axe vertical), jusque dans le tube horizontal NN, au bout duquel on le recueille par l'orifice G_3 en ouvrant le robinet G^2 (ou celui de la fig. 170). Les cadres, pressés les uns contre les autres, forment

Digitized by Google

joint hermétique et ne laissent perdre aucune trace de jus, même sous pression, d'abord parce que les faces intérieures, bien exactement tournées, s'appliquent rigoureusement l'une sur l'autre, et, en second lieu, parce que le joint est rendu bien étanche, au moyen d'un anneau de caoutchouc logé dans une rainure à section trapézoïde (la grande base au fond), et saillant de 2 millimètres : à chaque montage on passe un peu de graisse à la surface du caoutchouc, et l'on obtient une complète herméticité.

Le jus recueilli sous les robinets dans des rigoles est conduit aux bacs à jus.

En bonne marche le fonctionnement des filtres-presses est, comme on voit, assez simple ; mais il se présente des difficultés dont il nous reste à parler : lorsqu'une filtration est accomplie, on doit opérer le démontage. On tourne le volant DD′ placé sur la tête d'une vis d'étau qui serre le plateau A′, mobile sur les barres BB′, CC′, mais ne pouvant les quitter. On fait revenir ce plateau de quelques centimètres en arrière et, par ce seul écartement, on fait tomber le tourteau calcaire, formé entre sa toile et la première du premier cadre. Ce tourteau, plus ou moins brisé, est reçu dans le wagonnet P : l'ouvrier, à l'aide d'une raclette en bois, détache les parties adhérentes à la toile et, avec une brosse, nettoie le mieux possible la partie inférieure du cadre, où les fragments du tourteau laissent des traînées, plus ou moins terreuses, qui obstrueraient le joint au prochain montage ; il est bon, même, de passer ensuite une éponge humide, pour bien enlever les dernières traces calcaires, et un peu de graisse sur l'anneau de caoutchouc : de pareils soins valent toujours plus qu'ils ne coûtent. On tire ensuite, successivement, chaque cadre pour détacher les tourteaux et faire à chacun le même nettoyage ; puis on remonte l'appareil, en rapprochant tous les cadres sur le plateau fixe AA, figure 168, et on serre le plateau mobile en tournant le volant DD′.

Avant de remettre en marche, on s'assure du bon état des joints ; on fait couler un peu d'eau pure, amenée d'un réservoir, par l'un des robinets B destiné à cet usage, et on ouvre tous les robinets pour voir le liquide filtré, dont la limpidité doit être parfaite. Si

Digitized by Google

l'une des toiles, sans avoir montré de défaut sous la raclette, au démontage, avait pourtant faibli jusqu'à déchirure, on est averti, par le trouble du liquide au robinet correspondant, et on tient ce robinet fermé pendant la filtration suivante. Si l'accident se présente à plusieurs toiles, on remplace les cadres par d'autres.

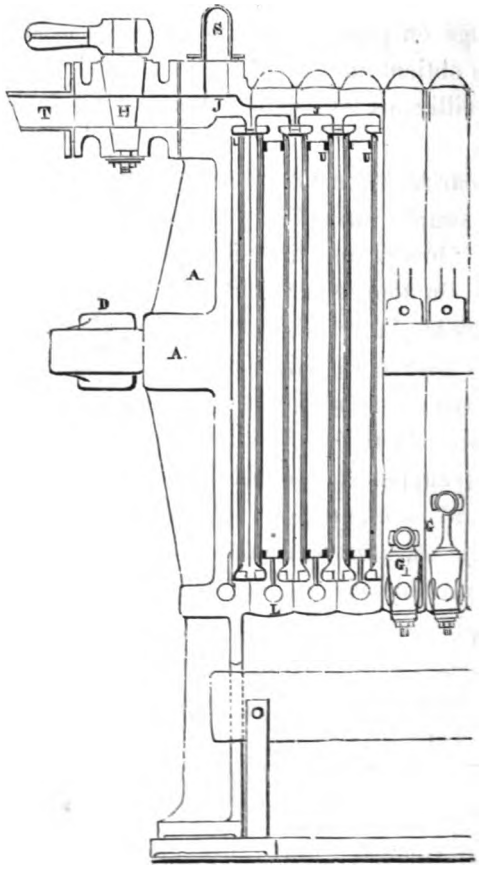


Fig. 170.

Après un nombre de filtrations plus ou moins grand, le lavage à l'eau froide peut ne pas suffire; il est bon d'employer de l'eau chaude. Le moyen le plus naturel est d'amener de la vapeur, en ouvrant le troisième robinet B' adapté sur un tuyau spécial : aux

Digitized by Google

premières parties condensées en succèdent d'autres, de plus en plus chaudes. Les toiles sont lavées en place et, peu à peu même, arriveraient à filtrer de la vapeur seule, qui s'échapperait par les robinets. Les ouvriers pourraient être surpris et blessés par cet échappement brusque, surtout si l'un de ces robinets venait à laisser sauter sa clef. On a voulu remédier à cette chance d'accident, en remplaçant les robinets ordinaires de la figure 168 par les vis à mouvement rapide de la figure 169. La largeur des cadres n'est pas assez grande pour permettre le jeu des clefs dans un même plan : on est obligé d'établir les clefs, de deux en deux, à deux hauteurs assez distantes, ou de placer les vis G_1 G_2 dans des positions rectangulaires, aussi de deux en deux. Si, malgré toutes les précautions, une obstruction gênante est établie dans le tube de distribution JJ, on peut dévisser un robinet placé en A', et passer une tige dans toute la longueur du tube sans démonter les cadres (1).

852. On conçoit sans peine combien l'utile instrument qui nous occupe a dû recevoir de modifications. Depuis les premiers modèles, dus à Jacquier, jusqu'à ceux d'aujourd'hui, toutes les parties ont été maniées et remaniées. Appareils en bois, puis en fer, plateaux ronds et carrés, mode d'assemblage et de pressage des serviettes par deux vis ou par une seule, disposition des robinets, etc., tout a reçu les perfectionnements ou, au moins, les changements les plus nombreux. En somme il est difficile de faire un instrument très-supérieur à celui dont on vient de lire la description. Je ne crois pas nécessaire d'en donner d'autres de ce type.

853. Un mot seulement sur les filtres du deuxième type :

2° *Filtre Trincks.* — Il diffère du précédent, surtout par la manière d'introduire les dépôts et jus troubles; au lieu du tube supérieur, c'est par un tube central que les liquides, plus ou moins

(1) Un auteur croit pouvoir recommander les toiles en amiante : ce minéral, si remarquable par sa résistance au feu, n'est pas indestructible dans les liquides; un jus alcalin, par la chaux et surtout la potasse et la soude, l'altérerait certainement, et peut-être aussi vite, ou même plus vite, que les toiles végétales.

Digitized by Google

épais, sont distribués dans chaque compartiment; l'un des grands inconvénients de ce système, celui qui saute aux yeux, on peut le dire, c'est la difficulté d'ajuster des toiles découpées en leur milieu, sans être exposé continuellement à des fuites; en outre la dépense des toiles est plus grande. En second lieu, le serrage des cadres ne peut plus avoir lieu au centre; il faut serrer par deux vis, l'une sur la droite, l'autre sur la gauche, qui prend plus de temps et de main-d'œuvre. J'ai cru devoir indiquer ce second type plutôt comme renseignement que comme exemple.

884. Ajoutons seulement quelques détails sur l'emploi le plus économique :

Les serviettes peuvent être en lin ou en jute. Les premières sont les meilleures; elles ne cèdent pas aussi facilement à l'action des jus alcalins. Ce sont des toiles à chaîne double comme pour les voiles de navires. Avec des jus bien carbonatés, elles peuvent durer trente-cinq à quarante jours. Celles en jute ne dépassent pas huit jours. — Dans les filtres à ajustage central on les renforce par une toile annulaire de 10 à 12 centimètres de largeur.

Les toiles neuves doivent être débarrassées des substances étrangères à leur fibre, avant de les mettre en place : on les trempe dans l'eau, pendant vingt-quatre ou quarante-huit heures, puis on les savonne au savon mou (savon noir, vert, gras, etc.), on les rince et on les *foulonne* dans un bain de une partie de bonne argile et six ou huit d'eau. On les rince de nouveau et on les fait sécher. Le peu d'argile restant dans les mailles s'imprègne, même dans l'eau, des traces de corps gras dont le savon n'a pu débarrasser la toile et le retient, même pendant la filtration.

L'usure des toiles, dans les filtres-presses, est bien moins grande que dans les appareils des autres systèmes destinés à la filtration et au pressage des écumes (presses à vis, hydrauliques, etc.). Elles ne supportent aucune pression capable de les tendre et de les déchirer. Elles dureraient presque toute une campagne si l'on parvenait à éviter l'action des liqueurs chaudes et alcalines, alcalines surtout. — Lorsqu'une serviette faiblit et présente la moindre rupture, elle doit

Digitized by Google

être immédiatement remplacée, ou doublée par une neuve. Sans cette précaution, il coule du jus trouble par le robinet du cadre où elle est fixée, ce qui force à rester privé du travail de ce cadre.

Après un travail d'une longueur déterminée, le nettoyage des toiles devient nécessaire ; on fait ce lavage en place, sans démonter les toiles ; on serre tous les cadres et on fait couler de l'eau pure d'abord, au lieu de jus, dans le filtre ; au bout de quelques minutes on donne de la vapeur, sans pression. — Tous les cinq ou six jours, il est bon de faire un lavage plus complet ; on détache les toiles et on les baigne, pendant dix ou quinze minutes, dans un bain d'eau, acidulée par l'acide chlorhydrique ordinaire, à 5/100 ; on juge de la fin du lavage par la cessation du dégagement d'acide carbonique des profondeurs de la toile entre les mailles. On les passe du bain acidulé dans un bain d'eau pure, où on les brosse doucement en frottant comme pour savonner, puis dans un bain de carbonate de soude et d'eau des retours, à 20 grammes de sel par litre, enfin dans un nouveau bain d'eau pure, après quoi le séchage à + 50 degrés au plus termine l'opération. — Dans les localités où l'acide acétique à 10 degrés (densimètre) est à bon marché, l'on doit en faire usage de préférence : on fait alors évaporer l'acide de lavage en achevant de le saturer par la chaux, ce qui donne de l'acétate de chaux dont le prix compense les frais d'achat de l'acide acétique. Et l'on a le très-sérieux avantage de conserver les toiles beaucoup plus longtemps. Les écumes obtenues pendant l'évaporation de l'acétate de chaux sont un très-bon engrais, dit-on.

Les toiles sont parfois doublées d'une toile métallique ; le lavage de cette dernière est plus facile et peut être fait dans l'appareil même.

L'ajustage des toiles dans les cadres exige quelques soins : le principal est de ne laisser subsister aucun pli : les tourteaux, en tombant, laissent une croûte plus ou moins épaisse : il faut très-exactement l'enlever à la brosse et rendre la toile bien lisse. — Pour certains jus, il est bon de doubler la toile à voile d'un madapolam, ou d'un autre tissu très-fin.

Digitized by Google

888. Une précaution essentielle, c'est d'éviter l'introduction d'aucun solide un peu volumineux, et surtout un peu dur, dans les compartiments entre les toiles; un tamiseur placé sur le tuyau d'arrivée des monte-jus remplit cet office exactement et à peu de frais. Il est tout semblable à celui dont nous avons parlé pour le chaulage (1).

Cet appareil seul permit de filtrer les écumes de carbonatation et de développer ma *méthode restreinte*, avec la facilité connue. Beaucoup de variations ont été proposées; mais l'appareil Durieux Rœttger peut être considéré comme remplissant les conditions principales, avec un succès dont on n'a pas beaucoup étendu les limites.

(1) C'est une passoire cylindrique en tôle de 3 millimètres (fig. 171), perforée d'un grand nombre de trous de 2 millimètres de diamètre; ses bords sont renforcés d'un anneau et d'une anse, au moyen de laquelle on l'établit au centre

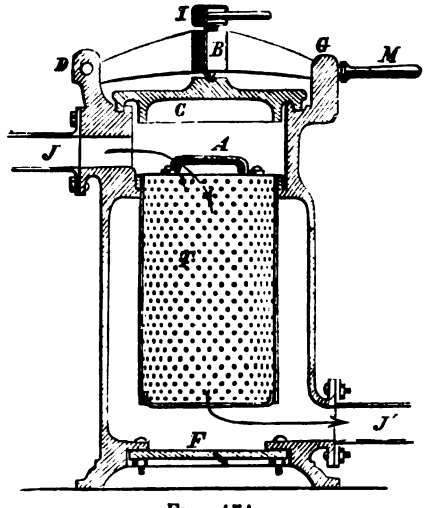


FIG. 171.

d'un entonnoir A F en forte tôle ou en fonte, d'un diamètre plus grand de 10 à 12 centimètres, sous un couvercle, C, solidement assemblé avec les deux cylindres par la vis de pression I B; le jus, amené par la tubulure J, traverse la tôle perforée, laisse dans la passoire tous les solides d'un diamètre supérieur à celui des trous et se répand dans l'entonnoir, dont le bec inférieur est lié au tuyau J' d'arrivée au filtre-presse. Lorsqu'il est rempli ou obstrué, on le remplace par un deuxième et on l'envoie au nettoyage.

Digitized by Google

856. La quantité des écumes, récueillies en tourteaux dans les filtres-presses, est grande. On peut l'évaluer, d'une manière générale, à trois fois le poids de la chaux employée pour l'épuration des jus. On aurait donc :

Chaux CaO.....	1	33.3
Acide carbonique CO^2, etc.	1	33.3
Humidité.....	1	33.4
	3	100.0

Il est entendu que ces nombres sont relatifs aux écumes les plus sèches, à celles dont le degré d'humidité ne dépasse pas 35/000. 28 de chaux absorbant 22 d'acide carbonique, c'est-à-dire un poids presque égal, qui le devient par l'entraînement des matières étrangères; on peut dire que l'écume théorique est formée de

Défécation avec 0.5 à 0.1 de chaux.....	1.5 à 3.0
Carbonatation avec 2.0 à 3.0 de chaux.....	6.0 à 9.0

La proportion d'humidité est celle qui varie le plus : elle peut atteindre 50 ou même 52/100. Voici quelques analyses :

	Wicke.	Bodenbender.	Schulz.	Teireich.		Vivien (1).	
Carbonate de chaux..	38.43	30.00	37.25	48.09	52.03	8.32	37.00
Sulfate de fer.....	0.45		0.51	6.04	5.90		
Phosphate.....	1.49	1.05	1.46			1.80	1.90
Chaux libre.....	5.66	4.80	9.02				
Magnésie.....	1.58		1.76			1.08	0.50
Potasse.....	0.34	1.33	0.19	0.85	0.51	3.00	0.38
Soude.....	0.29	»					
Alumine et ox. de fer.	1.19		»				
Argile et sable.....	1 66	3.00	0.08	1.33	0.62	2.00	2.30
Phosphate de fer.....			0.71				
Sels org. de chaux.....						15.90	9.18
Sucrates insolubles.....						2.80	0.00
Sucre.....				3.15	2.94	2.70	3.68
Perte.....						0.30	0.11
Chlore.....			0.95				
Matières organiques..	11.67	19.82	11.18			15.90	12.15
Humidité.....	37.27	40.00	36.96	40.53	38.00	49.20	32.80
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Dont Az =	0.37		0.43			0.63	0.30

(1) *Cours de sucrerie*, p. 361.

Digitized by Google

Schulz a donné encore :

	Défécation ancienne					
	sans saturation.		avec saturation.		Carbonatation trouble.	
	Vapeur.	Pression hydraulique des écumes.		Pression hydraulique des écumes.		Pression hydraulique des écumes.
Épaisseur du tourteau...	1 pouce	»	3/4 pouce	»	»	»
Carbonate de chaux, etc..	32.93	52.93	42.18	60.02	50.51	65.94
Sucre.....	4.31	2.98	3.75	2.90	3.07	2.08
Humidité.....	62.76	44.09	54.07	37.08	46.42	31.98 (1)

J'ai trouvé pour les écumes de défécation à froid, séchées à + 120 degrés :

		3/100 de chaux.			5/100 de chaux.	
	Chaux employée.	24 h.	10 jours.	360 jours.	24 h.	360 jours.
Carbonate de chaux.....	0.41	2.11	2.14	2.68	2.10	3.17
Sulfate —	»	»	»	»	»	0.20
Phosphate —	0.16	1.20	1.31	1.79	1.29	2.34
Carbonate de magnésie.....	0.26	0.42	0.50	0.56	0.36	0.67
Chaux libre.....	96.12	86.97	84.02	80.31	84.47	76.03
Potasse..... / Soude.....	0.08	0.20	0.24	0.11	0.18	0.14
Alumine et oxyde de fer, etc...	1.64	2.94	2.99	3.26	2.43	2.85
Argile et sable...	1.13	2.14	2.22	3.51	1.81	2.46
Sels organiques.....	»	»	»	»	»	»
Sucrate de chaux.....	»	»	»	»	»	»
Sucre.....	»	»	»	»	»	»
Matières organiques.....	»	3.26	5.40	7.31	6.70	10.51
Humidité, perte.....	0.20	0.40	0.61	0.15	0.34	0.69
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Dans lesquels azote. =	»	0.44	0.81	1.21	0.82	1.88

857. En terminant, je crois devoir ajouter un mot sur l'histoire des filtres-presses.

L'invention ou, si l'on veut, le grand développement pris par la construction de ces instruments, vraiment précieux, a été la conséquence de l'usage du travail à forte dose de chaux, établi pour profiter des avantages sur lesquels j'ai appelé l'attention des fabricants, en 1855, par mon brevet de conservation et les expériences

(1) Pour toutes les analyses allemandes, *Zeitschrift für Rübenzucker*.

Digitized by Google

dont j'ai rendu témoins, dans les laboratoires et dans les fabriques, Cail père d'abord, puis Périer et un grand nombre d'autres fabricants. La beauté des jus fournis par la défécation à froid, même après quelques heures de conservation avec une forte dose de chaux, était tellement frappante que la *nécessité* de ce travail, sans construction de citernes, devint évidente à tous les hommes doués d'un coup d'œil sûr. Cail et Périer s'adjoignirent, à ma place, un parent de l'un d'eux, Possoz, et lancèrent mon procédé, diminué de la dépense des citernes, sous les noms très-étudiés de *carbonatation trouble*, de *carbonatation double* où multiple, etc. Tout le monde sait quel succès a obtenu cette application partielle de mon système! Le seul inconvénient, très-grave alors, c'était la production d'une énorme quantité d'écumes, dont on ne pouvait débarrasser les jus par un moyen simple. Tous les efforts se portèrent à la recherche de ce moyen et aboutirent, en 1864, à l'invention du filtre-presse (1).

888. Les jus sortant des filtres-presses, et purifiés autant que possible sont prêts pour l'opération définitive de l'extraction du sucre, c'est-à-dire pour l'évaporation et la concentration de ce sucre dans un liquide de moins en moins aqueux, jusqu'à la saturation à chaud. Ce liquide concentré, ce sirop visqueux abandonne la plus grande partie du sucre par le refroidissement, ou même pendant l'évaporation, malgré la chaleur, par l'effet de la sursaturation. L'excès de sucre est éliminé en poussière cristalline, en *grains* plus ou moins volumineux dans cette méthode appelée *cuite en grains*.

Examinons cette opération principale de l'évaporation et des cuites, en sirops ou en grains :

(1) Jacquier, brevet du 4 janvier 1864; — Danek, brevet du 25 janvier 1864; — Trincks, brevet du 15 avril 1864; — Durieux et Rœttger, brevet du 19 février 1866.

Digitized by Google

ÉVAPORATION ET CUITE

889. *Évaporation simple.* — Les jus sucrés, purifiés par la carbonatation et le noir, contiennent, en moyenne, 10 centièmes de leur poids de sucre. On ne connaît pas encore d'autre moyen pour en extraire ce sucre que l'évaporation de la presque totalité de l'eau, ou la production d'un sirop contenant au moins 85 et mieux 90 centièmes de sucre. Ce sirop prend le nom de CUITE, parce qu'il est assez cuit pour abandonner beaucoup de sucre au refroidissement. En effet, les 10 centièmes d'eau dont il est encore chargé ne peuvent conserver, à froid, plus de 20 centièmes de sucre; ils doivent laisser cristalliser les 60 ou 65 autres centièmes, c'est-à-dire les 2/3, ou un peu plus, du sucre. Le sucre ainsi calculé est du sucre pur et sec; mais celui qu'on extrait des cuites n'est ni l'un ni l'autre. En moyenne, il est formé de 90 centièmes de sucre réel et 10 centièmes du sirop, formé par de l'eau, des sels, etc. On doit donc obtenir une masse cristalline dans laquelle les 65 centièmes de sucre réel forment 90 centièmes, et dont le poids est ainsi $65 \times 100/90$ ou 72.2. Il faut le dire de suite, cette prévision théorique est souvent vérifiée par la pratique. Une cuite est bonne quand elle donne, du *premier jet*, 70 centièmes. Mais il arrive trop fréquemment que ce rendement ne soit pas obtenu *de suite*. Au lieu de 30 centièmes, *eau mère* ou sirop, qui sont inévitables, on obtient 35 centièmes, ou à peu près 1/7 de sirop, en sus. Ce résultat est dû à plusieurs causes : un peu d'inversion du sucre, une certaine sursaturation et l'influence incristallisative des matières salines contenues dans le sirop cuit.

L'inversion est toujours faible quand les jus proviennent de betteraves saines, bien mûres, bien conservées. Les moyens actuels d'évaporation permettent d'agir à une température assez basse pour ne pas invertir des proportions notables de sucre. Voici les résultats d'un grand nombre d'analyses; le minimum d'inversion peut être

Digitized by Google

zéro. Le maximum ne dépasse pas 1,5/100 du poids de la cuite, ou 2/100 du poids du sucre contenu.

La sursaturation devrait exister presque toujours. 1 d'eau peut retenir 3 de sucre : les 10 centièmes pourraient donc tenir 30 de sucre en sirop, au lieu de 20. Mais cet effet, très-réel dans un sirop pur, est très-difficile à maintenir dans une masse cristalline. Il est très-peu sensible dans les cuites.

860. L'influence incristallisative des sels pourrait être fort grande. Elle varie beaucoup avec la nature des sels, et nous devons l'étudier attentivement; car on a sur ce sujet de bien grandes illusions, dont il est nécessaire de faire cesser le mirage. La pensée qui domine encore aujourd'hui, même dans les transactions commerciales, est celle d'une action incristallisative de *tous les sels*. C'est une grande erreur dont nous avons déjà montré, dont nous montrerons encore, un peu plus loin, toute l'étendue. Pour le moment, bornons-nous à dire : Un grand nombre de sels peuvent favoriser la cristallisation du sucre au lieu de lui nuire. Quand on extrait, d'une cuite, *la masse cristalline où sont contenus* 90 *centièmes de sucre*, cette masse ne renferme pas tout ce sucre à l'état de pureté : il y a un peu de sels combinés avec ce sucre, et, en le séparant par cristallisation, on trouve plus de 90 centièmes, parce que les sels combinés cristallisent avec le sucre et augmentent son poids.

861. L'évaporation des jus est généralement faite en deux temps : d'abord jusqu'à la densité 1170, 1180... 1220, soit, en moyenne, 1200; on interrompt alors l'évaporation, pour filtrer le sirop et enlever, à la fois, un peu de couleur développée, plus ou moins brune, et un dépôt calcaire plus ou moins abondant; ensuite jusqu'à la densité finale 1440, 1450, avec laquelle le sirop devient *la masse cuite*, ou *la cuite*.

Le premier temps est donc celui d'une évaporation ou *concentration simple;* le second est l'achèvement de cette concentration jusqu'à la *cuisson*, c'est-à-dire jusqu'à l'état de saturation à chaud

Digitized by Google

où le sirop contient assez de sucre pour en abandonner une grande partie en se refroidissant.

862. Ainsi divisée, l'évaporation est faite, en ses deux parties, par la méthode de Lampadius, chauffage au moyen de tuyaux noyés dans le liquide. Le corps employé comme agent de transmission du calorique est la vapeur d'eau, qui donne aisément une température de 150 degrés, sans pouvoir jamais la dépasser. Enfin, pour diminuer le plus possible les effets de la chaleur sur la solution aqueuse du sucre (jus, sirops et même cuite), on réduit la pression atmosphérique à la surface de cette solution en faisant le vide comme Howard l'a réalisé le premier en 1816 (1).

Voici la disposition imaginée par cet habile raffineur anglais : A (fig. 172) est la chaudière de concentration où le jus est aspiré par le tube inférieur B, garni d'un robinet (non dessiné). Le vide

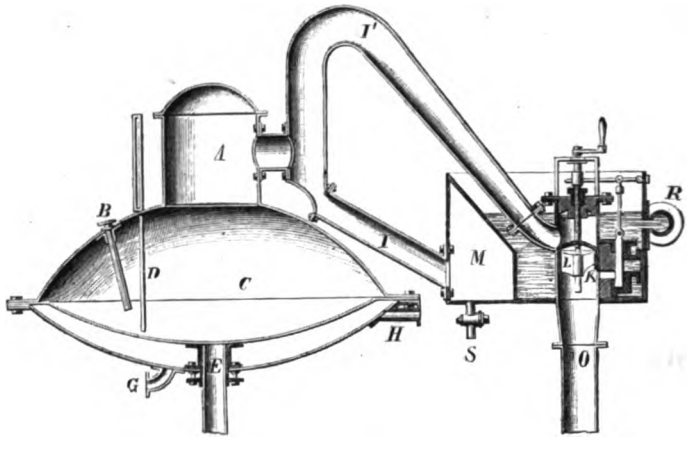


Fig. 172.

est fait par une « pompe pneumatique » dont le tuyau communique avec G (cette pompe et son tuyau ne sont pas non plus représentés). La vapeur introduite dans le double fond, par le tube H, s'y condense en échauffant le jus, et l'eau condensée trouve une issue par

(1) *Ann. de chim. et de phys.* [2], II, 373.

Digitized by Google

le tube de retour C (muni d'un robinet à air non dessiné). Sous l'influence d'une pression très-réduite, le jus entre en ébullition à une température peu élevée; la vapeur de son eau, toujours attirée par la pompe, projette, en déchirant les bulles, une assez forte quantité du liquide à la voûte de la chaudière. Une tour, ou chapiteau, A, reçoit les dernières projections, et la vapeur seule passe en I, sans entraîner du liquide, au moins en quantité notable; toutefois un accident peut amener un entraînement extraordinaire. Les gouttelettes sucrées sont arrêtées avant d'atteindre le coude T; elles retombent, par le tube I, dans le réservoir M, d'où on les soutire de temps en temps par le robinet S. Un peu de vapeur se condense, en I, avec les petites quantités de jus ou de sirop, dont la projection ne peut être évitée; mais ce liquide sucré n'est pas perdu : le robinet S permet de le recueillir, à intervalles voulus, dans la cavité M, son réservoir spécial, comme nous venons de le dire. Le fonctionnement de l'appareil aurait de la peine à continuer, sans trouble, si la vapeur des jus, ou sirops, passait librement en G; on la condense en ouvrant passage, du même coup, par un petit nombre de tours de dévissage impulsés à la manivelle I, d'une part à la soupape, LK, et de l'autre au petit obturateur placé à droite et mu par un levier. La soupape établit une large issue pour la vapeur, dans le tuyau O, au moment même où l'obturateur permet à l'eau froide, du réservoir à niveau constant R, de se précipiter avec cette vapeur et de la condenser rapidement.

La pression était réduite dans cet appareil à 50 ou 55 centimètres de mercure, c'est-à-dire, en moyenne, à 52/76 égale à très-peu près 2/3 d'atmosphère.

La température correspondante à cette pression est voisine de + 90 degrés; mais cette température, observée dans l'eau de condensation, ou dans la vapeur elle-même, ne se retrouve pas dans le liquide sucré, toujours refroidi par l'absorption rapide de sa chaleur dans la vapeur, où elle devient latente. On trouve, en moyenne, 9 à 12 degrés d'infériorité. Le thermomètre Q sert à mesurer constamment cette plus basse température du liquide.

Digitized by Google

863. L'ingénieux appareil d'Howard, manifestement inspiré par le célèbre Leslie, a reçu, depuis, de nombreux perfectionnements, dont il est nécessaire de donner une description, non pas seulement par reconnaissance envers les inventeurs, mais encore pour l'utilité d'une revue capable de susciter de nouvelles améliorations. Examinons-les rapidement :

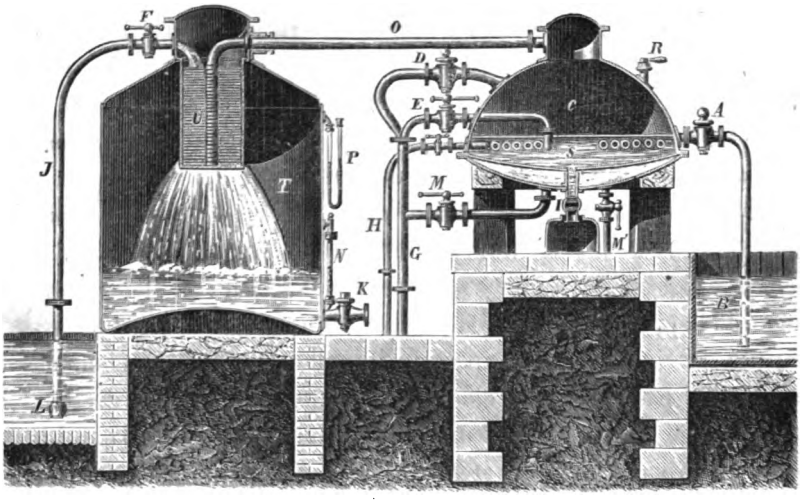


FIG. 173.

Le premier dispositif employé dans l'industrie avec avantage a été celui de Roth. Ce qui le caractérise, c'est la méthode pour produire le vide; au lieu d'une pompe, dont les effets n'étaient pas très-grands dans l'appareil Howard, on emploie la vapeur, sans instrument spécial, ni dépenses plus grandes. La chaudière est représentée figure 173 : sa forme est encore à peu près la même : les moyens de chauffage sont augmentés. Outre le double fond, où la vapeur du générateur est introduite, par le robinet M, du tube branché sur la conduite principale DG, avec retour par le tube M', nous avons le chauffage Lampadius, un serpentin horizontal, où la vapeur arrive par le robinet E, avec retour H, donnant une surface de chauffe au moins égale à celle du double fond. Pour manœuvrer l'appareil, on ferme tout, excepté les deux robinets D et R. La vapeur, amenée

Digitized by Google

par le premier, chasse tout l'air de la chaudière d'abord, du condenseur ensuite, et, au bout de quelques instants, s'échappe à peu près pure en R. On ferme les deux robinets, et il est facile de comprendre ce que le refroidissement ne tarde pas à produire : une condensation de la vapeur de plus en plus grande, un vide partiel, descendant, plus ou moins rapidement, à la tension maximum de la vapeur d'eau pour la température conservée. On peut donc ouvrir le robinet A d'un tube plongé au fond du réservoir de jus ou sirop. Ce liquide est absorbé, monte dans la chaudière jusqu'au moment où la différence de niveau dans le réservoir avertit de l'emplissage et de la convenance de fermer A. Aussitôt on ouvre E M, pour donner la vapeur de chauffage, H M′, pour les retours et le liquide sucré ne tarde pas à bouillir. Alors on ouvre le robinet F du tube J. L'eau froide du réservoir L, aspirée à son tour, déverse dans le condenseur, au travers du *diviseur* U, assemblage de tôles perforées où l'eau, tombant en filets nombreux au milieu de la vapeur, en détermine la condensation très-active, et réduit la tension intérieure au maximum correspondant à la température de l'eau froide. On peut lire cette tension sur le manomètre P, et voir la hauteur de l'eau condensée au travers du tube de verre, ou tube de niveau, N. Les autres détails de l'opération peuvent être suivis avec facilité. Quand le liquide mousse trop, on l'apaise en introduisant un peu de graisse, par le robinet I. Et, lorsque la cuite est terminée, on ferme F, E, H, laissant la vapeur continuer seulement en M, M′, pour chauffer le sirop à 80°—90°, et le rendre assez fluide pour sortir aisément par le robinet I, dans l'entonnoir O, sous l'impulsion de la vapeur, amenée alors par le robinet D. Puis on procède à une autre cuite, en répétant les mêmes manœuvres.

L'auteur avait espéré dépenser moins, avec la vapeur, qu'avec la pompe pneumatique Howard; mais l'expérience a montré le contraire; cela tient, pour beaucoup, aux fuites de l'appareil et à la rentrée de l'air; en pareil cas, il devient nécessaire d'arrêter et de recommencer à faire le vide, par une deuxième injection de vapeur : cette fois la présence du liquide en évaporation détermine une con-

Digitized by Google

densation abondante d'eau pure à la surface du sirop : il faut évaporer cette eau avant de continuer utilement le travail du sirop lui-même : ces pertes de temps et d'argent dépassent les frais occasionnés par la pompe.

864. Un moyen très-ingénieux d'éviter et la vapeur et la pompe, au moins dans sa gêne principale, afin d'obtenir le vide et de le conserver presque sans dépense, fut bientôt proposé par deux Français, Trappe et Louvrier-Gaspard. Une pompe *à air sec* aspire l'air

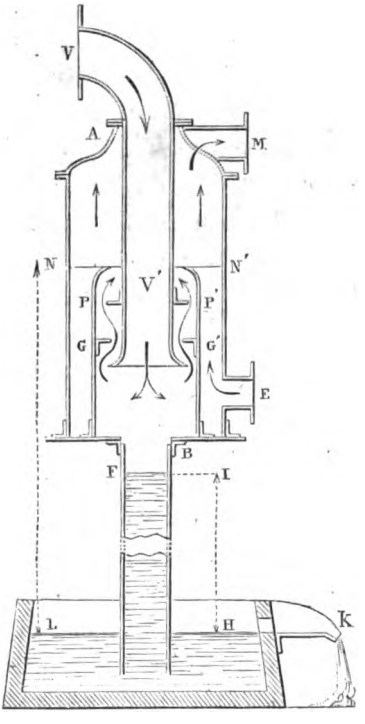


Fig. 174.

du condenseur AB (fig. 174), par un tuyau lié à la tubulure M. Cette aspiration, produite dans la chaudière, amène l'air et les vapeurs des jus sucrés par le tube VV', évasé à sa partie inférieure, et les appelle contre les obstacles CC', PP', où ils se heurtent à des chutes

Digitized by Google

d'eau froide, alimentées par un réservoir dont le tube est attaché à la tubulure E. L'eau fournie, avec l'abondance nécessaire, ne peut dépasser le niveau NN'; elle tombe par cascades en DD' et, par le tube FL, jusque dans un cuvier déversoir K.

Il faut donner au tube FL une longueur assez grande pour ne permettre à l'eau, dans aucune circonstance atmosphérique, de s'élever au-dessus d'un niveau FI situé au-dessous de la base du condenseur. Le vide est souvent presque complet dans l'appareil, et le maximum de la pression atmosphérique pouvant atteindre 790 millimètres de mercure ou $790 \times 13.6 = 10^{m}.744$ d'eau, le niveau F doit être réservé à cette hauteur, représentée par IH; en d'autres termes, il est bon de donner au tube FL à peu près 11 mètres de longueur.

Cette disposition suffit pour entretenir le vide, dans le condenseur et dans la chaudière, sans exécuter, dans la pompe à air, le travail coûteux de l'aspiration d'une masse d'eau énorme. Malgré cet avantage, le condenseur de nos deux Français n'est pas, à ma connaissance, employé en France : nous avons laissé aux étrangers le mérite de rendre justice à nos compatriotes.

On objecte à cette méthode de faire d'un côté ce qu'elle paraît économiser de l'autre; elle évite l'aspiration de l'eau dans la pompe à air; mais elle force à exécuter le même travail, pour alimenter le réservoir, puisque ce réservoir doit être placé au-dessus du niveau FI, c'est-à-dire à 12 ou 15 mètres au-dessus du sol de la fabrique. Cela est vrai dans tous les cas où l'eau ne peut être obtenue, par son écoulement naturel, à une hauteur suffisante; cependant il existe des fabriques où cette condition peut être réalisée. Celles-là ne doivent pas ignorer ce que dit Walkhoff: « La disposition » de Trappe et Louvrier-Gaspard est « adoptée d'une manière générale en Allemagne et depuis longues années. »

868. Un peu plus tard fut faite une invention dont la fabrication du sucre n'a pas profité directement, mais qui pourrait lui devenir utile, à elle et à l'industrie en général, comme l'a montré récemment une application remarquable faite par l'ingénieur Lasne.

Digitized by Google

Cette invention est celle de l'*aspirateur Pelletan*, faisant le vide par une injection de vapeur latérale. On comprend sans peine l'idée de Pelletan après un coup d'œil sur la figure 175.

C'est une tubulure de l'obturateur AB, appliquée sur la chaudière où l'on veut faire le vide. A, une deuxième tubulure, attachée à la conduite générale de vapeur. B, une troisième tubulure liée au tube de dégagement de la vapeur au dehors. Aussitôt la vapeur lancée de A en D, son injection entraîne l'air par B, puis celui de la chaudière, aspiré peu à peu par C. L'effet se continue jusqu'au vide complet. Théoriquement la pression peut être réduite à zéro dans la chaudière. Il suffit d'établir un rapport déterminé entre le diamètre de l'ouverture D et celui du tuyau de vapeur, dont CD est l'ajutage, et de placer D à une distance de E fixée d'avance. Pelletan employait de la vapeur à 3 atmosphères et un diamètre de D réduit aux 2/5 de celui de A. Il obtint seulement une réduction à 50 centimètres de mercure, ou 2/3 d'atmosphère. La dépense de vapeur parut trop forte en raison du résultat, et l'appareil fut abandonné.

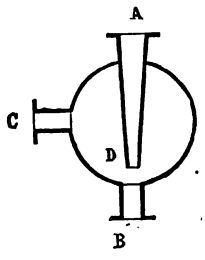


FIG. 175.

866. On vit ensuite essayer une autre idée, non pas pour faire le vide, mais pour remédier à la perte de chaleur occasionnée dans les méthodes d'Howard et Roth, par l'entraînement de la vapeur condensée avec l'eau de condensation. Degrand imagina de produire la condensation sans mélange d'eau, et en utilisant la chaleur latente de la vapeur. Il aspirait cette vapeur dans un condenseur à très-grande surface, un énorme serpentin, dont il produisait le refroidissement en arrosant ses replis avec du jus, ou du sirop. La figure 176 représente son appareil. A est la chaudière, un peu plus sphérique que celle d'Howard et Roth; elle est encore à double fond et à serpentin. Son chapiteau B communique, par un tuyau U, avec le serpentin de condensation VV', terminé par un condenseur C, avec robinet intermédiaire *u*. Le condenseur peut être vidé par le tube D'S. On fait le vide, comme dans le système Roth, au moyen de

Digitized by Google

la vapeur. On ouvre l'une des deux voies du robinet *f* (introducteur de la vapeur, à volonté, dans la chaudière, ou dans le serpentin de chauffage, la première d'abord. La vapeur emplit la chaudière, le serpentin de condensation, le condenseur C, le tube D', par lequel a lieu son échappement dans l'air. Au bout de quelques instants, elle sort pure; on ferme les robinets *s* et *f*, puis on ouvre l'une des voies du robinet *i*, servant aux deux tubes MM, par lesquels est

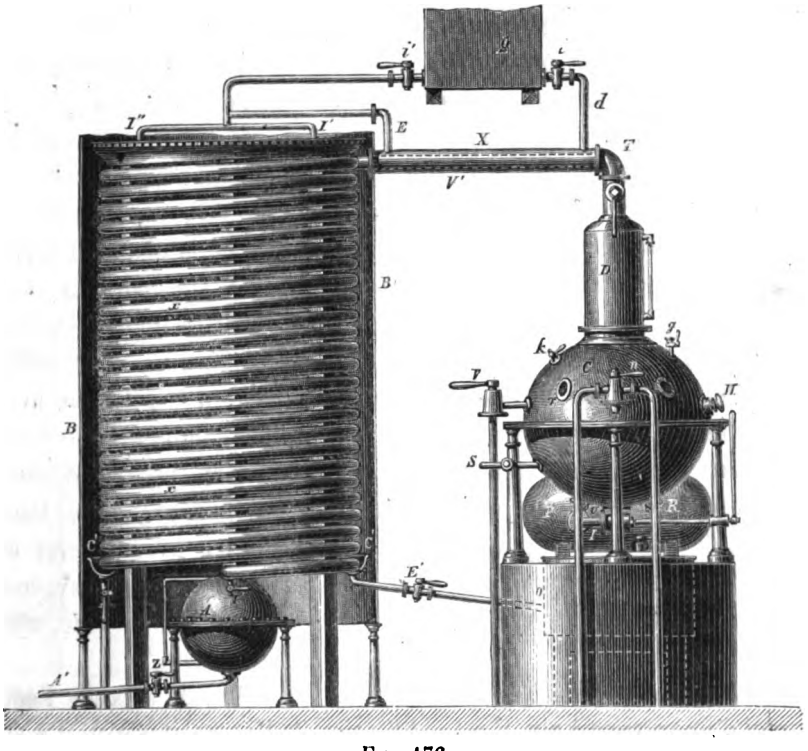


Fig. 176.

aspiré le sirop, tantôt de droite, tantôt de gauche, de celui des deux bacs inférieurs où a été rassemblé le sirop, déjà échauffé par son voyage à l'extérieur des plis du grand serpentin. Aussitôt la chaudière pleine, on ferme *i*, on ouvre *f* (voie du serpentin de chauffage), et *g* pour le double fond; en même temps, les retours G, I. Bientôt le sirop commence à bouillir. Alors on ouvre le robinet *q*

Digitized by Google

du réservoir Y, où est contenu du jus, ou du sirop : ce liquide coule d'abord dans le manchon G′, autour du tube U, puis dans le tube H′, qui le conduit à une trémie métallique, annulaire, percée d'un grand nombre de petits trous au travers desquels il tombe sur le serpentin de condensation : il en parcourt tous les plis, et, après une concentration activée par le tirage de la cheminée de tôle EE, se rassemble dans une rigole circulaire A′A′, d'où le tube A′*v* le conduit aux bacs des tubes M,M. La condensation puissante du serpentin VV′ emplit rapidement le condenseur C; pour vider ce réservoir, on ferme le robinet *u*, on ouvre *s*, et on amène de la vapeur du générateur par un tube (non dessiné) ouvert au sommet de la sphère. Le vidage fait, on tourne *s*, on rouvre *u*, et le travail peut continuer. Lorsque la cuite est au point convenable, ce qu'on voit avec la sonde J, en s'aidant des regards à lames de verre *aa;* on fait le vide dans un récipient O placé en contre-bas de la chaudière, par la vapeur, comme dans la chaudière elle-même. On établit la communication entre les deux au moyen du robinet H, dont la clef est conduite par le levier au-dessous de J. On chauffe un peu la cuite, et elle s'écoule, ou d'elle-même, ou au besoin en la poussant avec un peu de vapeur, utile en même temps pour commencer le vide, où aura lieu l'opération suivante. Le vice de cet appareil, et de tous ceux où le vide est fait par la vapeur seule, a déjà été signalé. Dans celui de Degrand se présente un inconvénient nouveau, celui de l'exposition du sirop à l'air par de très-grandes surfaces : oxygénation, mélange avec des poussières, des cadavres d'insectes, etc.

867. La nécessité de remédier aux pertes de vide a exigé l'emploi d'une pompe à air. Une modification de l'appareil Degrand a été faite, avec cette addition et plusieurs autres, par Derosne et Cail; je dis addition, pour réaddition, puisque la pompe à air était employée par Howard. L'appareil Derosne et Cail est essentiellement celui d'Howard avec le condenseur de Degrand. La figure 177 en montre les dispositions nouvelles :

C est l'extrémité du tube placé au sommet du chapiteau de la chaudière, il se recourbe dans le cylindre D, vers le bas de ce cylindre,

Digitized by Google

pour empêcher tout entraînement du liquide, projeté par les bulles de vapeur, au delà du cylindre lui-même ; les gouttes de liquide sont retenues par les parois, le long desquelles elles coulent, pour se rassembler dans la colonnette *n r*, où leur niveau se voit au travers du tube *n*, et avertit de les extraire, par le robinet *r*, quand le vide

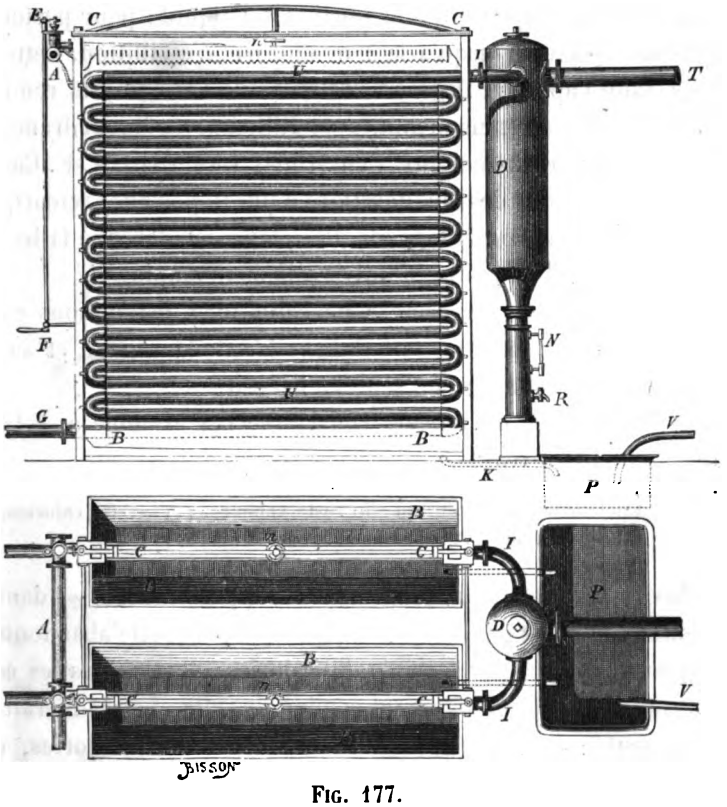


FIG. 177.

n'existe plus. La vapeur pure continue sa route par les deux branches E E conduisant, chacune, aux serpentins F F, développés dans deux plans verticaux parallèles, sans cheminée : elle passe par le tube X pour aller à la pompe. Les jus, ou sirops, amenés d'un réservoir, par le tube G, coulent dans deux caniveaux HH, triangulaires, percés de trous nombreux à l'arête inférieure, qui est dentelée en outre, comme une scie, pour les répandre uniformément sur les

Digitized by Google

plis des serpentins; ils se réunissent dans les cuvettes K et s'écoulent, par les tubes N, dans un bac L, d'où ils sont aspirés dans la chaudière par le tube M.

868. Enfin se produisit la méthode actuelle, fondée sur le principe indiqué et essayé dès 1829, par Pecqueur (1), le principe de l'utilisation des vapeurs d'une portion du liquide pour porter une deuxième portion jusqu'à la température d'ébullition. Cette méthode, dont l'appareil Degrand réalisait une variante, fut remise en honneur, dans son sens primitif, par Rillieux, ingénieur français, et importée par lui-même aux États-Unis, vers 1840. J.-F. Cail apporta aux appareils des améliorations d'une importance remarquable et, depuis 1854, la méthode de Pecqueur est devenue la base de tout le système d'évaporation universellement employé.

Pour apprécier l'importance de cette idée, les notions exactes des proportions entre la *chaleur sensible* de la vapeur et sa *chaleur latente* doivent être présentes à l'esprit.

Un kilogramme de vapeur, considérée par exemple à + 60 degrés, contient en réalité :

Chaleur sensible (tant qu'elle reste vapeur).....	60 calories.
Chaleur latente.....	537

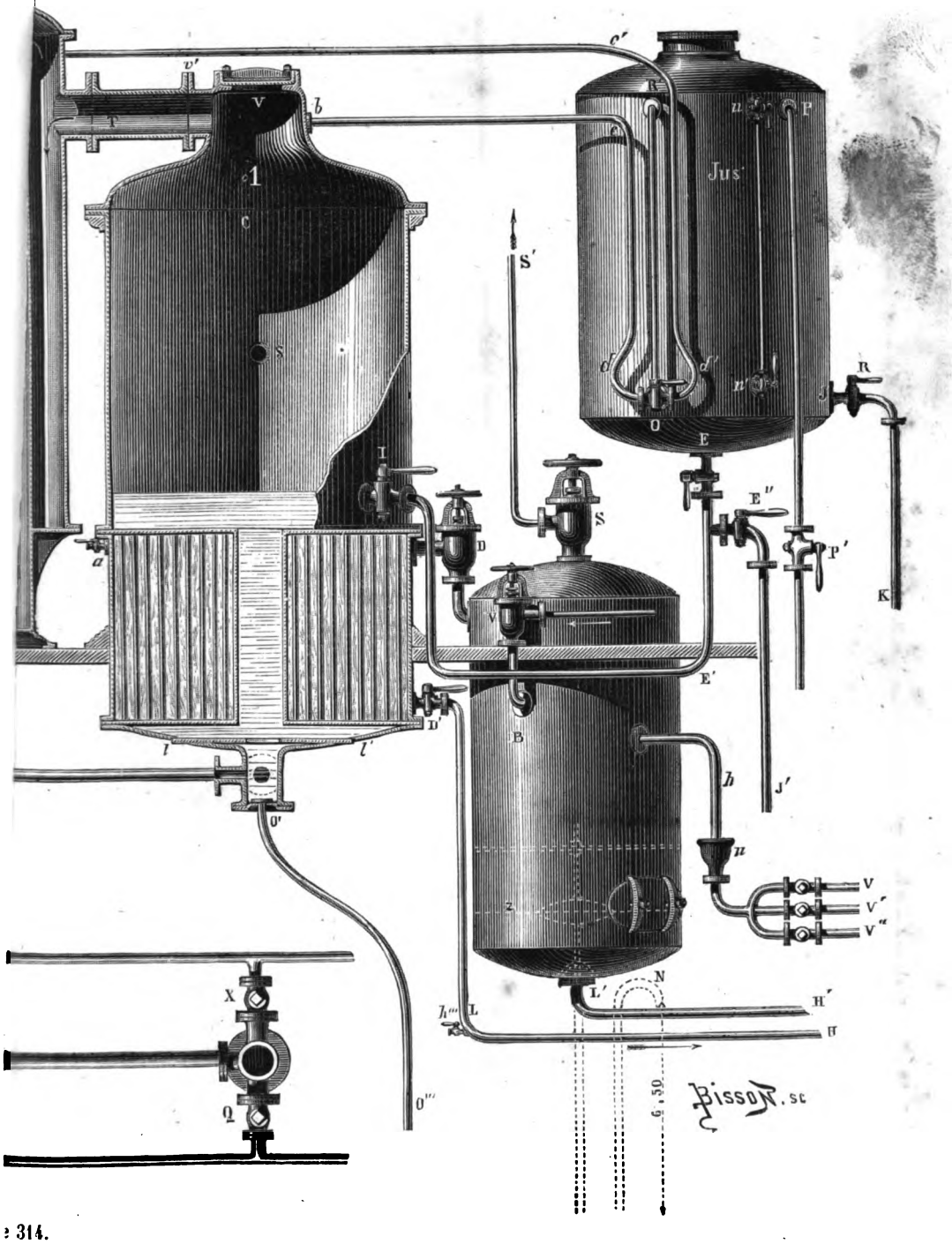
Placée au contact d'un jus froid, — supposé à zéro, — dans des conditions où elle garderait son état de vapeur, elle abandonnerait uniquement sa chaleur sensible, 60 calories; placée dans les conditions où elle serait entièrement condensée, elle abandonnerait chaleur sensible et chaleur latente, $60 + 537 = 597$ calories, c'est-à-dire $597/60 = 9.95$ fois davantage.

869. Voici la description de l'un des appareils à triple effet récemment construits par la maison Cail : la figure 178 permet de saisir tous les détails et d'apprécier la méthode dans son ensemble : C,C',C'' sont les trois chaudières destinées à utiliser, en trois fois, les effets de la chaleur; le chauffage a lieu dans les trois de la même manière *mécanique*, et comme on le voit dans la coupe de la chau-

(1) *Bulletin de la Société d'encouragement.*

Digitized by Google

Digitized by Google



e 314.

Digitized by Google

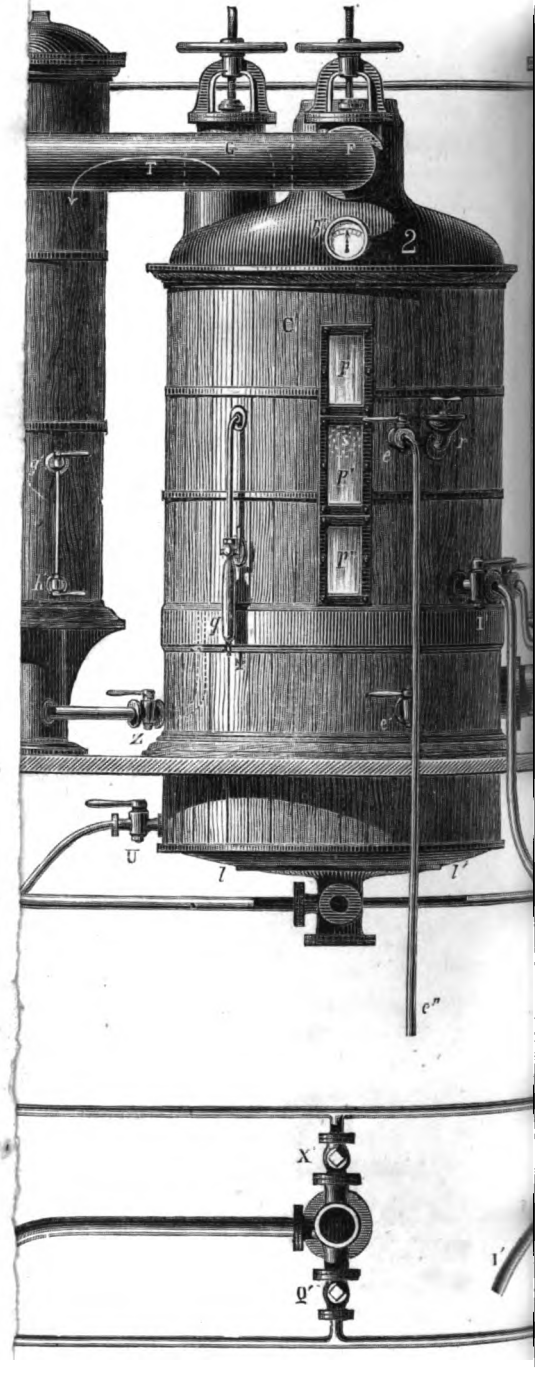
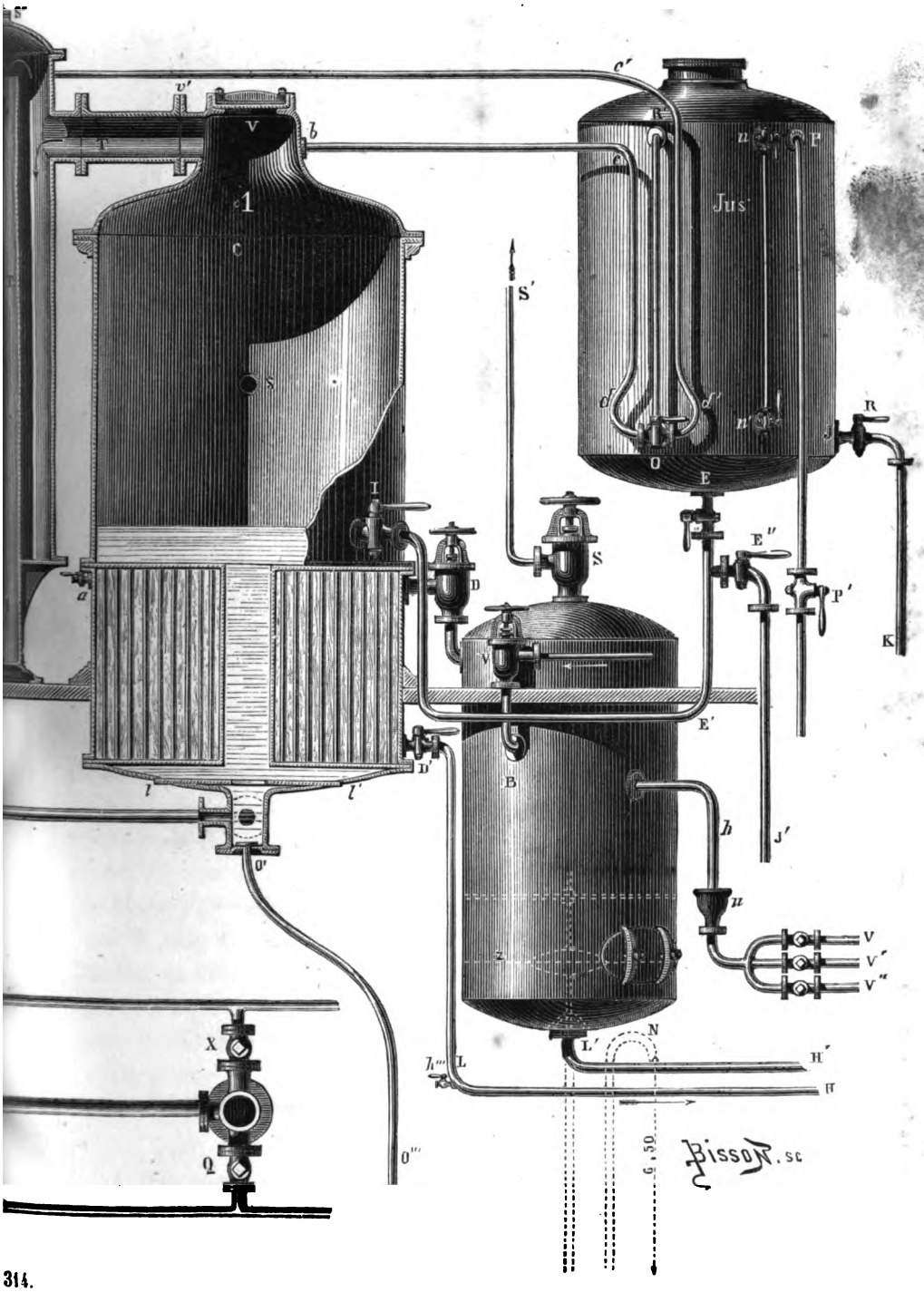


FIG 178. — *Appareil à triple-effet.* — N° 869.

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

dière C : deux plaques de bronze forment deux cloisons horizontales, AA', entre lesquelles est conteuue la vapeur de chauffage; cette chambre à vapeur est traversée de tubes verticaux, l'un très-large en bronze au centre, les autres plus petits en laiton, de 5 centimètres de diamètre extérieur et au nombre de mille environ. Le jus remplit ces tubes et est entretenu, sensiblement, à 20 centimètres au-dessus de la plaque supérieure. On comprend l'activité d'un chauffage produit sur d'aussi grandes surfaces, 225 mètres carrés à peu près, dans cette chaudière qui est la plus petite (1). Le jus, dont le volume n'est pas moindre que 43 hectolitres, produit rapidement de la vapeur et c'est la chaleur latente de cette vapeur dont on évite la perte en la faisant servir au chauffage de la chaudière C'. Elle y pénètre, par le tube TT, en traversant un condenseur, ou vase de sûreté, ST, dans lequel se condensent les gouttes nombreuses de jus projetées par l'ébullition vive de C, avec une partie de la vapeur elle-même. Nous reviendrons à cette condensation mais poursuivons la route avec la vapeur non condensée. Elle entre dans la chambre de C', toute semblable à celle de C, fait bouillir le jus plus concentré de cette chaudière, en lui abandonnant sa chaleur latente, et après avoir subi, pour ce travail, une condensation, plus ou moins grande, s'écoule avec l'eau condensée, par le tube U W, dans un *ballon* analoguè à B (dont nous parlerons tout à l'heure), où se rassemblent plusieurs *retours* et où puise une pompe d'alimentation des générateurs. La vapeur produite en C' est utilisée à son tour : elle passe, par le tube T', dans un appareil de sûreté tout semblable à S T, en suivant la flèche T' (F est fermé) ; descendue au bas de ce cylindre, elle entre par M, dans la troisième chambre de la chaudière, où elle abandonne sa chaleur au jus contenu dans cette chaudière, la plus grande des trois, et s'écoule, avec l'eau de condensation, par le tube U' W, dans le même ballon que la précédente.

La pompe à air est unique pour les quatre parties du triple effet (ou du quadruple effet, car c'est le vrai nom de l'ensemble du

(1) Cette disposition a été d'abord établie dans l'usine de Seelovitz dirigée par Robert, fabricant français.

Digitized by Google

triple effet et du réchauffeur). Elle tend à faire le même degré de vide dans les trois chaudières. Les vapeurs (du jus), provenant des trois caisses, sont aspirées, avec l'eau de leur condensation, dans le condenseur de cette pompe.

Il est important de le remarquer : si le chauffage a lieu, dans les trois chaudières, au moyen des mêmes dispositions mécaniques, il y a une différence *industrielle* notable. La chaudière n° **1** est chauffée avec de la vapeur venant du générateur (plus ou moins directement). Les deux autres sont chauffées par les vapeurs du jus; le n° **2** par les vapeurs de **1**, le n° **3** par la vapeur de **2**, le réchauffeur par les vapeurs de **3**. Nous verrons plus loin (*Installation des fabriques*) quelles conséquences peut avoir l'origine de l'eau formée par la condensation de ces vapeurs.

870. L'ébullition rapide, dans les trois chaudières, ne serait pas obtenue facilement si la chaleur seule était en action dans les trois chambres à vapeur; on aide cette action par celle du vide, ou, si l'on veut, par une diminution de la pression sur le jus dans les trois chaudières au moyen d'une pompe *pneumatique*, ou pompe à air, comme le faisait Howard. Nous décrirons plus loin cette pompe, dont le jeu, compliqué par la présence des eaux de condensation, nécessite des dispositions particulières. Nous dirons uniquement, ici, comment cette pompe établit le vide dans nos trois chaudières et à quel degré. L'aspiration commence en A, par où la pompe amène l'air et les vapeurs de **3**, de F' en A'', de A'' au travers des intervalles, entre les 120 ou 125 tubes *iii*... du réchauffeur KA' (pour les jus bruts destinés au travail de défécation ou de carbonatation) (voy. § 791). Il en résulte un vide où le mercure peut s'élever, en bonne fabrication, à $0^m.675$; en d'autres termes, une réduction de la pression atmosphérique de $675/760 = 89/100$, à très-peu près (88.82). Sous cette pression réduite (85 millimètres) ($760 - 675 = 85$), le jus peut bouillir à $+48°.5$. Il suffit donc que les vapeurs amenées du jus de **2**, dans la chambre tubulaire de **3**, puissent élever le jus de **3** à cette température, pour en déterminer l'ébullition.

Un excès de température notable ne suffirait pas à produire un

Digitized by Google

forme subit, dans la pompe elle-même, une conden-

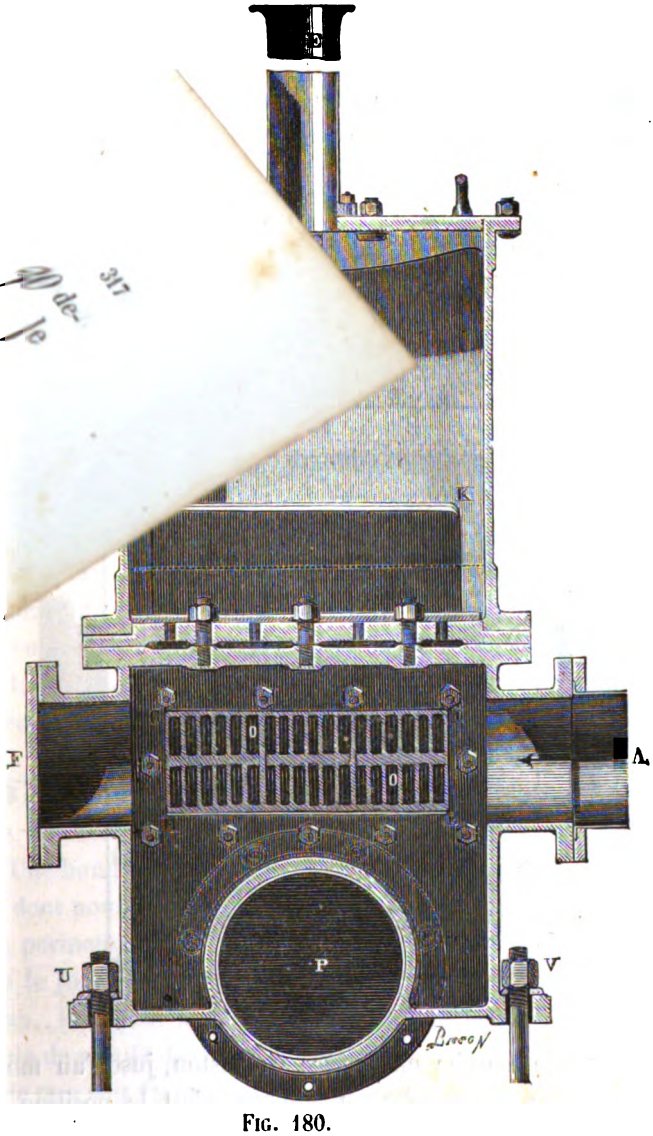


FIG. 180.

sation partielle : la vapeur aqueuse revient à l'état d'eau liquide,

Digitized by Google

directe d'une machine spéciale. Ce piston appelle l'air, et les

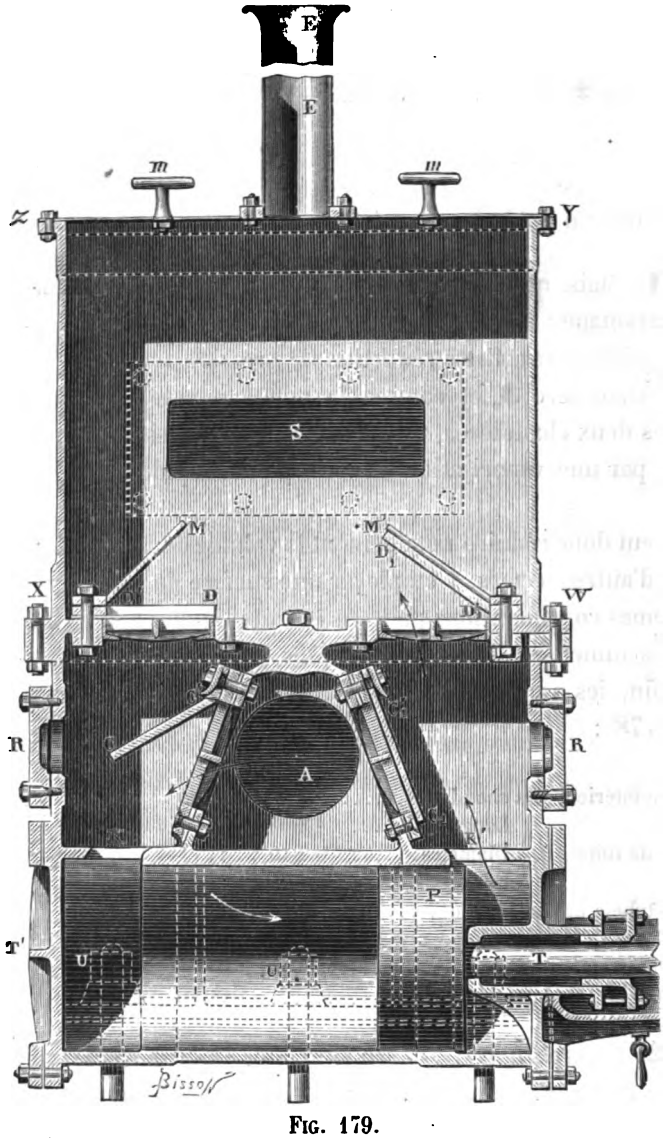


Fig. 179.

vapeurs d'eau, de la chambre avec laquelle communique le tube A ;

Digitized by Google

le mélange aériforme subit, dans la pompe elle-même, une conden-

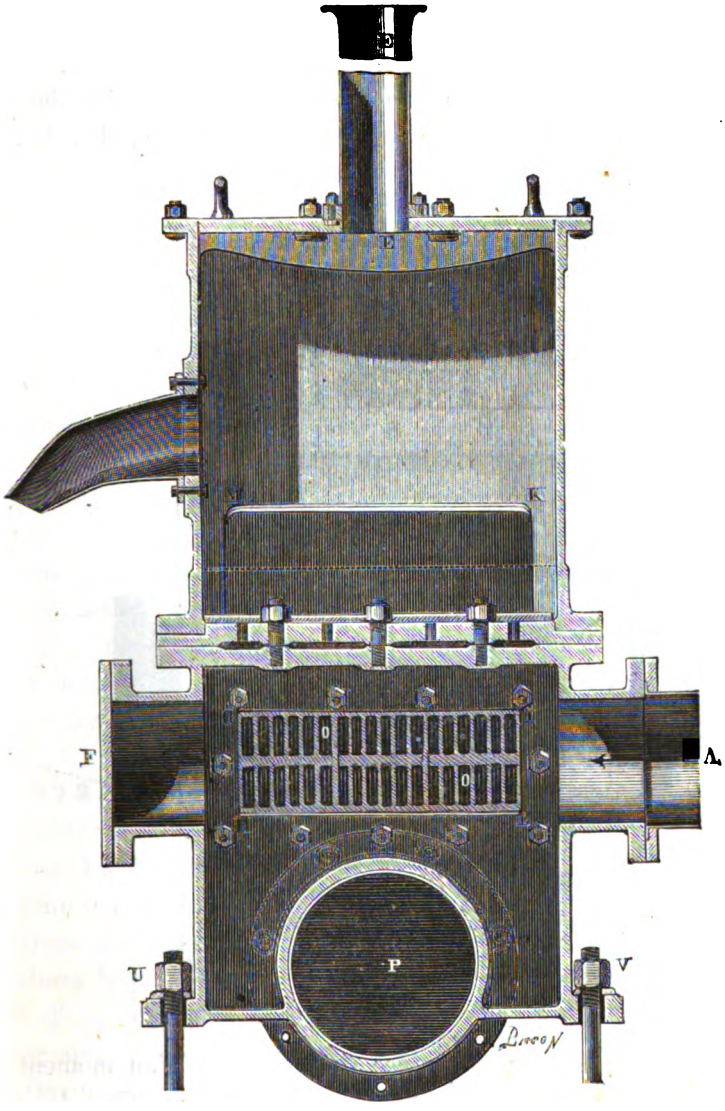


FIG. 180.

sation partielle : la vapeur aqueuse revient à l'état d'eau liquide,

Digitized by Google

en grande partie, ce qui oblige le piston à fonctionner dans l'eau. Les soupapes, destinées à un tel service, doivent être larges et peu oxydables, pour résister à l'action de l'oxygène *dissous;* ce sont des plaques épaisses, de caoutchouc vulcanisé C,C′, C,C′, battant sur un gril incliné. L'air et les vapeurs exercent leur pression dans le sens des flèches, passent par l'orifice K, pour entrer dans le vide

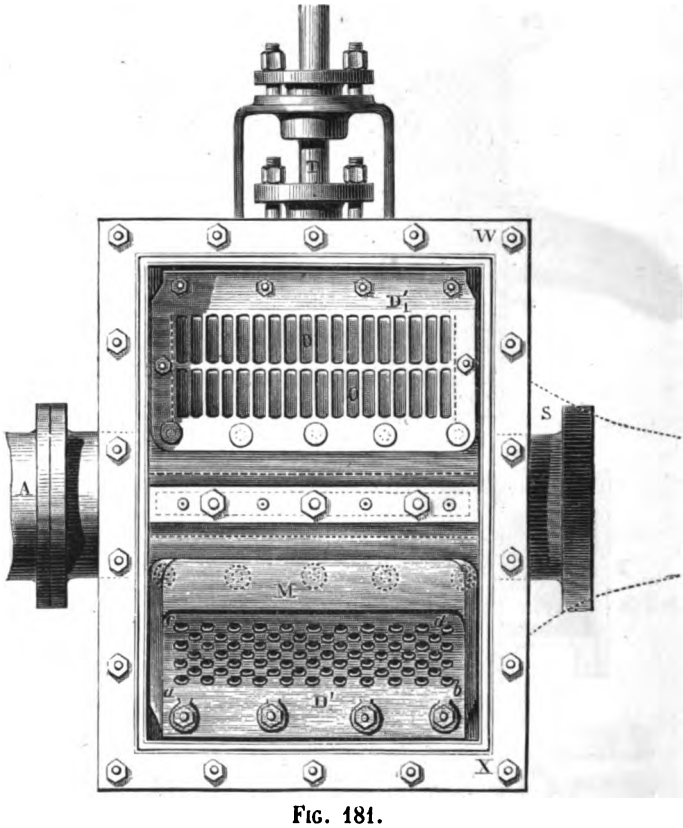


Fig. 181.

produit par la marche en arrière du piston, jusqu'au moment où la limite de cette marche est atteinte (c'est la position dessinée figure 179). L'air, la vapeur non condensée et l'eau de condensation refoulés pendant la même marche passent par K′, tiennent la soupape C,C′, bien fermée, s'élancent au travers du gril horizontal,

Digitized by Google

soulèvent D′,D′, jusqu'à son arrêt M′,D′, et se répandent dans la caisse X,V, où l'eau peut atteindre le niveau de la ligne inférieure d'une bouche de déversement S; de là, par une nochère ou un tube, elle est conduite au dehors.

Le mouvement en avant, de T en T′, exécuté par le piston P, donne évidemment les mêmes résultats généraux et l'aspiration du mélange d'air et de vapeurs est ainsi continu.

E,E′ est un tube de dégagement pour l'air quand la bouche S, liée au tube d'écoulement par un joint, se trouve obstruée, ou à peu près, par l'eau ne laissant plus à l'air un passage suffisant.

[C'est à l'extrémité supérieure E′ de ce tube qu'il est le plus facile d'observer l'existence des gaz dégagés, des sirops bouillants, par une des actions que j'ai expliquées § 258. Avec certaines betteraves, très-chargées d'azotates, on observe la formation du bioxyde d'azote; lorsqu'on arrête l'évaporation dans le triple-effet, pendant quelques instants, ce bioxyde d'azote peut remplir en grande partie l'atmosphère des chambres; au premier coup de piston donné plus tard, ce gaz est amené presque pur et rejeté par E′ dans l'atmosphère même de l'usine, où il peut former de la vapeur rouge, en deux ou trois colonnes de 8, 9 et 10 mètres de hauteur.

Une toile grossière tendue sur l'orifice E′ y est très-promptement corrodée par l'acide azotique formé sous cette influence.]

873. Voyons maintenant le parti dont ce puissant appareil est capable. Théoriquement, l'évaporation des jus pourrait y être complétée. Une bonne pompe à air, donnant un vide un peu supérieur à celui dont nous avons parlé (675 millimètres), 700 ou 710 millimètres, permettrait de terminer rapidement cette évaporation et de réduire le jus à l'état signalé plus haut (§ 857), 90 de sucre et 10 d'eau. Pourquoi ne va-t-on pas jusqu'à cette limite? Par un ensemble de motifs dont voici l'exposé :

Quelle que soit la pureté des jus sucrés, betterave, canne, etc., il est difficile, après les traitements par la chaux, défécation, carbonatation, même les mieux faits, de ne pas laisser dans les jus un nombre de sels de chaux et magnésie, d'abord solubles, puis préci-

Digitized by Google

pitables après une concentration moyenne. Ces sels, à mesure de leur précipitation, rendent le jus louche, souvent un peu mousseux. En outre, les modifications presque inévitables du sucre inverti, par les influences nombreuses dont nous avons fait l'étude (§ 149 et suiv.), rendent les sirops plus ou moins colorés. On regarde comme certaine, aujourd'hui encore, la nécessité de débarrasser les sirops de ces impuretés; d'abord, pour rendre la dernière concentration, la *cuite*, plus facile ou même possible; ensuite, pour ne pas laisser dans les *sucres* la majeure partie de ces substances qui les rendent gras, visqueux, susceptibles d'une dépréciation notable, à cause de la faiblesse de leur coefficient de pureté, etc., etc.

Il y a beaucoup d'objections plausibles contre cette manière de voir : nous les examinerons plus loin en parlant du raffinage; pour le moment, tenons l'opinion admise comme démontrée : ne voyons rien de préférable à cette première réduction du jus à la densité 1160 ou 1210, ce qui est très-exactement, en moyenne, 1185, densité du liquide formé par 50 de sucre et 50 d'eau. Demandons-nous les meilleures règles à suivre pour obtenir le plus promptement possible ce degré de concentration. Cherchons la meilleure marche du triple-effet.

874. La vapeur de chauffage introduite dans la chaudière **1**, par le robinet à soupape D, ne possède ordinairement pas une pression supérieure à 1 atmosphère 1/4, ou, ce qui est inséparable, une température de 108 degrés — 110 degrés. Elle est amassée dans le ballon B, où l'on recueille, par exemple : en V, les échappements de toutes les machines motrices de la fabrique; en V′, les retours de chauffage direct des défécations ou carbonatations; en V″, les retours des bacs à réchauffer les sirops (nous y reviendrons); enfin, au besoin, par le robinet à soupape V*o*, une proportion, plus ou moins forte, de vapeur directement prise aux générateurs. Cet ensemble, introduit en D, tend à entretenir le jus de la chaudière **2** à 108 degrés — 110 degrés. Il est naturel de rester un peu au-dessous de ce chiffre, surtout en marche continue. Dans ce cas, la température du jus lui-même est presque toujours à 106 degrés — 108 degrés. La

Digitized by Google

vapeur de chauffage (1), en raison de ses origines diverses, amène de l'air avec elle : on admet, de la part de cet air, une efficacité puis-

(1) L'évaporeur est tenu de ne jamais laisser monter la vapeur, introduite dans la chaudière 1, au delà de 1.5 atmosphères ou 112°.2; on lui en donne les moyens par les dispositions représentées figure 182. — B est le ballon à vapeurs indiqué par la-même lettre dans le dessin général du triple effet; *h*, le tuyau d'introduction unique pour V V′ V″; D, le robinet d'entrée dans la chaudière 1. Au lieu d'un simple tube pour donner la vapeur à ce robinet, on ajuste auprès de D un autre robinet à soupape équilibrée D′ (fig. 182) dont nous n'avons pas

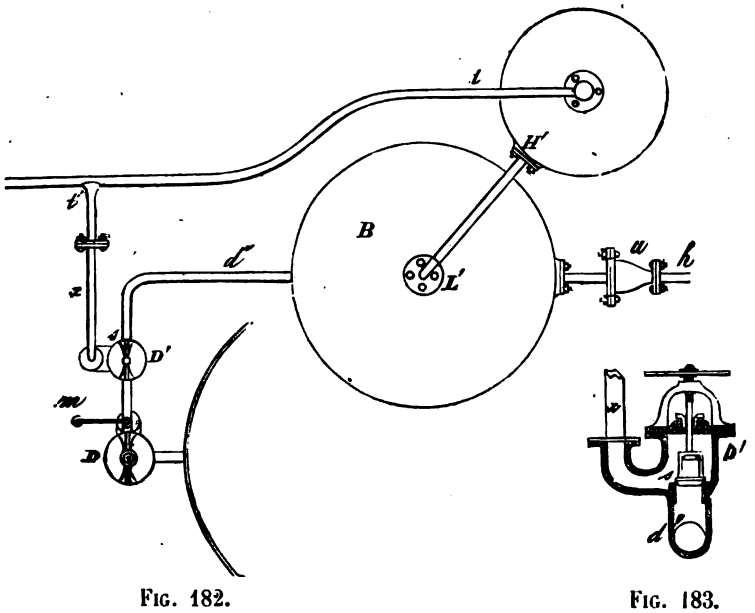


FIG. 182. FIG. 183.

marqué la place dans le dessin général pour éviter une véritable surcharge, mais dont il faut parler maintenant : c'est le tube *d″* qui le porte avant d'arriver à D; ce robinet est représenté plus en grand figure 181; tant que les vapeurs mélangées du ballon B ne dépassent pas 1.5 atmosphères, pression à laquelle sa soupape est équilibrée, elles passent librement en D sans pouvoir occasionner d'accident; mais, au cas où la vapeur directe amenée brusquement dépasserait cette limite, la soupape *s* se lève et laisse passer l'excédant par *x* et *tt′* qui le mène aux emplis, etc. L'eau condensée en B s'écoule régulièrement par L′ H′ au moyen de la soupape à flotteur L′, qui s'ouvre aussitôt le niveau *z* dépassé. On règle d'ailleurs le robinet V_0. — Le manomètre *m* branché près de D est sous les yeux de l'évaporeur.

Digitized by Google

sante contre la rapidité du chauffage, en raison de sa mauvaise conductibilité. Je ne crois pas utile de m'arrêter sur cette objection, bien certainement inexacte. Le petit robinet *a*, destiné aux fonctions de *purgeur d'air*, est utile, mais seulement pour les mises en train, où il est bon d'avoir promptement de la vapeur à peu près pure, c'est-à-dire l'absorption la plus complète de chaleur latente. Les eaux formées par la condensation de ce chauffage à la vapeur d'eau sont évacuées par le robinet D' et le tube D'LH, dans le ballon d'alimentation des générateurs. En cas d'excès de pression dans le ballon B, on ouvre le robinet à soupape S, dont le tube SS' dégage dans l'atmosphère, en passant par les emplis, l'excédant accumulé.

Le jus entre aussi par la chaudière **1**; mais il y est amené de plusieurs manières. Le plus généralement, il est foulé par la *pompe à jus* dans un réservoir-ballon, d'environ 25 hectolitres, percé à sa partie inférieure en J, où il reçoit le robinet RK du tuyau K lié à cette pompe. Un tube de niveau, *nn*, montre sans cesse la hauteur du jus dans le ballon; et, en cas d'oubli, le trop-plein retombe dans le bac de la pompe, par le tube PP'. A-t-on besoin de jus dans le triple effet, on ouvre le robinet I; le jus contenu dans le ballon, sous la pression atmosphérique, descend par le tube EE'I jusqu'à la fermeture du robinet.

Alimentation directe. — On peut gagner du temps, dans plusieurs circonstances, en faisant aspirer directement le jus dans le bac, sans passer par la pompe et le ballon : il suffit de fermer E, puis d'ouvrir E'', robinet d'un tube J' plongé dans le jus du bac.

Aspiration indirecte. — Il arrive parfois manque de vide en **1** : si le bac est placé trop en contre-bas, l'aspiration demeure insuffisante; mais, en un instant, on réduit la pression par l'établissement d'une communication temporaire de **1** avec **3**. Le petit tube *bcd*, partant du sommet de **1**, est fixé sur l'un des bouts du robinet O, dont l'autre bout porte un deuxième tube *b'c'd'* lié au sommet de **3**; il suffit de tourner ce robinet (à trois voies), de *d* à *d'*, pour donner rapidement en **1** le vide de **3**, ce qui fait de suite arriver le jus en E''E'C. On peut encore tourner le robinet O de manière à mettre en communication *d'* et R' en fermant I. Sur-le-champ le vide de **3**

Digitized by Google

s'établit dans le ballon : l'aspiration directe a lieu, et quand le ballon est plein, on donne la communication des trois voies d, O, d'; le vide de **1** s'établit dans **3**, où le jus du ballon coule par son poids en suivant E, E', I (E'' et R sont fermés).

Ces trois moyens d'alimentation permettent une arrivée régulièrement continue du jus dans **1**. Il est ensuite facile de le faire passer de **1** dans **2**, et de **2** dans **3**; voici comment :

875. On peut tenir les trois chaudières séparées ou réunies. Prenons le travail au commencement : tout est fermé excepté les robinets zz'; l'évaporeur commence à faire le vide; il met la pompe à air en marche, ouvre le robinet d'injection (fig. 178), de sa place auprès de l'appareil triple-effet. Il attend sur les baromètres ou indicateurs du vide l'arrivée de l'aiguille à 38 ou 40 centimètres pour pouvoir introduire le jus. Il ouvre les robinets E, I; le jus remplit la chaudière **1**; sans attendre, il ouvre I'; une partie du jus passe dans **2**; il ouvre I''; le jus est aspiré dans **3**, et bientôt arrivé à 20 centimètres au-dessus des plaques à tubes. Alors on ferme I, I', I'' et on ouvre D, en ayant soin de veiller au bon fonctionnement de *s* (fig. 183); elle doit toujours être ouverte quand D est fermé. Pendant que la vapeur entre en D, il faut, comme je l'ai dit, expulser l'air, en ouvrant le robinet *a* jusqu'à ce que la vapeur sorte pure, ce dont l'oreille est avertie, par le changement de son, lorsqu'elle en a acquis l'habitude. Maintenant, comment doit-on suivre l'opération? Bien évidemment, le jus va s'évaporer dans les trois chaudières, et le niveau baisser très-promptement. Or, il est essentiel de ne pas laisser baisser jusqu'aux plaques, et le seul moyen d'obéir à cette règle pratique, c'est de se tenir au niveau primitif avec persistance. On peut obtenir ce résultat séparément dans chaque *caisse* ou chaudière. Par exemple, aussitôt le niveau baissé dans **2**, on alimente en ouvrant I', et refermant de suite, etc. Mais il est aisé de comprendre l'avantage d'arriver au même but, dans les trois caisses ensemble, en évitant une manœuvre continuelle des robinets, fatigante sans profit. On y arrive, en effet, en laissant les trois robinets ouverts, les réglant d'après la densité (ou la température) fixée d'avance pour

Digitized by Google

chaque caisse, et veillant à la perfection du réglage pendant l'évaporation.

876. Les densités à atteindre sont fixées très-simplement. En général, on veut obtenir à la sortie du triple-effet de la caisse **3** un maximum de 1180 ou 1220. On part d'un jus à 1050, je suppose; il est naturel de diviser par tiers l'augmentation à obtenir :

$$1180 - 1050 = 130$$
$$1220 - 1050 = 170$$

Dans le premier cas, on doit arriver, pour chaque caisse, à augmenter la densité 1050 de $130/3 = 43$, et, dans le second, de $170/3 = 57$. On devra donc obtenir, dans les trois caisses :

		1	2	3
Pour le minimum....	1180	1093	1136	1180
Pour le maximum....	1220	1107	1164	1220 (1)

Il n'est pas difficile d'obtenir ces résultats avec de si grandes masses; les jus ne cessent de couler dans l'appareil : ils bouillent sans interruption, et il sort un filet continu du triple effet par le robinet N au-dessous de la troisième caisse, où on l'aspire avec la pompe à sirops (très-analogue à celle des jus § 814).

877. La densité est rapidement examinée au moyen de l'*éprouvette* ou *tâte-jus*, *q*,*q*, représentée plus en grand (fig. 184); *q* est un cylindre de bronze effilé aux deux bouts : on le place verticalement contre les chaudières, de façon à faire correspondre l'extrémité supérieure *a* du tube *a b* avec la chambre à vapeur au-dessus du jus, et le robinet latéral *c*, avec le jus, près de la plaque à tubes supérieure. Le robinet *d* étant fermé, l'ouverture simultanée de *b* et de *c* permet à une dose de jus de descendre, par exemple, jusqu'au niveau *i*. Ferme-t-on alors les deux robinets *b*,*c*, puis ouvre-t-on *d*,

(1) Ou plus simplement... 109, 114, 118 du densimètre :
— 111, 116, 122 —
Plus simplement encore.... 9°, 14°, 18°.
— 11°, 16°, 22°.

Digitized by Google

la dose *di* peut tomber, à l'instant, et être recueillie dans une éprouvette de verre, E, où le densimètre est en permanence (une éprouvette en cuivre est préférable : l'évaporeur doit en avoir une à chaque caisse). La chute est complète, grâce à un petit tube creusé dans la clef du robinet *b*, en équerre, pour faire entrer l'air au-dessus de *i*, quand *b* est fermé (comme *o*,*p*, fig. 186).

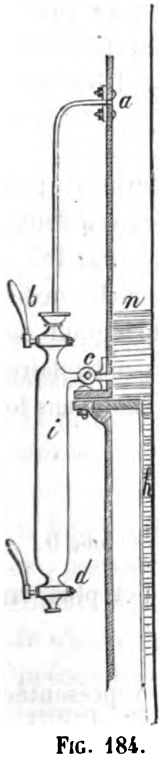


Fig. 184.

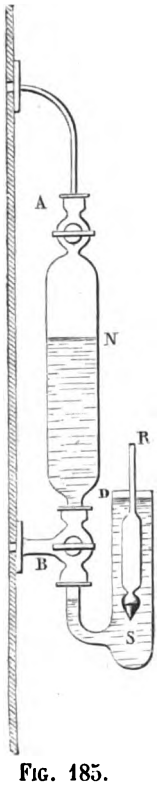


Fig. 185.

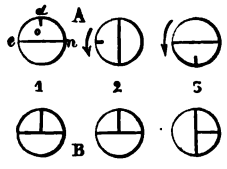


Fig. 187.

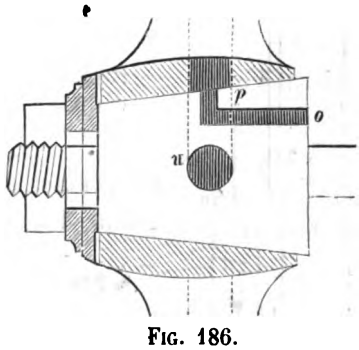


Fig. 186.

L'éprouvette a l'inconvénient de donner une densité plus faible que la moyenne des densités du jus. Malgré la fluidité du sirop même dans la chaudière 3, tout le monde s'accorde à regarder la densité du liquide inférieur comme plus forte que celle du liquide supérieur. Il semble difficile de comprendre cette différence quand on est témoin de la vivacité de circulation du liquide par le gros

Digitized by Google

tube et les petits. Il semble naturel de croire à un affaiblissement de la densité dans l'éprouvette par le mélange du sirop cueilli le dernier avec l'eau produite par le froid du bronze sur la vapeur admise la première. Quoi qu'il en soit, on trouve en général 20 ou 25 unités de plus pour la masse du sirop après sa sortie. L'éprouvette donne-t-elle 1164, on trouve ensuite le sirop à 1184, 1185. En comptant de 1°, en 10, comme il est bon de le faire, et appelant degrés chaque dizaine (§ 122), on peut dire : le sirop marquant 16°.4 à l'éprouvette, marque 18°.4 ou 18°.5 après sa sortie de l'appareil. Peut-être n'est-ce pas autre chose qu'un effet du prolongement de l'évaporation après l'essai dans l'éprouvette.

878. Les éprouvettes peuvent avoir d'autres formes; par exemple, celle de la figure 185. Les robinets sont réduits à deux, A, B; on leur donne successivement les positions 1, 2, 3 (fig. 187). Le robinet A est à double voie; la première, *en*, transversale, ordinaire; la seconde, *od*, en équerre, du devant de la clef à l'extrémité d'une ligne perpendiculaire au milieu de la précédente. En tournant dans le sens des flèches, il est facile de voir :

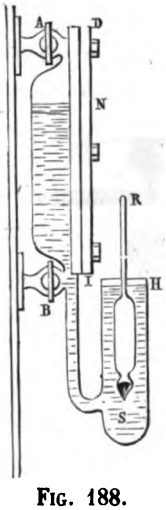


FIG. 188.

Position 1..... tout fermé,
Position 2..... le niveau N s'établit,
Position 3..... le sirop descend dans le tube D.

Le robinet est représenté, en coupe et plus en grand, dans la figure 186.

879. Une seconde forme est représentée figure 188. C'est la même disposition générale; mais le cylindre est transformé en une boîte fermée par une glace comme sur le devant du triple-effet, ce qui sert de tube de niveau. Ces deux formes sont employées en Allemagne (1); mais j'ai modifié le robinet A pour pouvoir fermer complétement les communications avec la chaudière.

(1) Stammer, p. 364.

Digitized by Google

880. A la sortie du triple-effet, le sirop est soumis à une opération dont les fabricants ne voudraient pas la suppression, mais dont les avantages ont grand besoin de lumière. La pompe à sirop foule ce liquide dans les bacs à *réchauffer*. Ce sont des bacs carrés ou rectangulaires en tôle, avec serpentin comme ceux de carbonatation. On les remplit aux trois quarts et on les chauffe à vapeur directe *jusqu'à l'ébullition*. On ne se contente pas d'un bouillon; on en donne deux et quelquefois trois. Le sirop se couvre d'une écume plus ou moins forte; on l'enlève avec une passoire, à la main, puis on ouvre un orifice au fond du bac pour laisser couler le sirop dans les filtres.

On donne comme principal avantage de ce travail l'utilité de passer le sirop chaud sur le noir. On y voit aussi la purification correspondante à la quantité d'écume, sans craindre aucune compensation fâcheuse de ces deux avantages.

Ne nous arrêtons pas au deuxième : il est bien faible, il est même nul dans beaucoup de cas; il ne se forme pas alors d'écume, même en donnant trois bouillons; nous aurons à y revenir plus loin. Voyons si le premier est bien sérieux. Je ne le crois pas, car le noir en grains est très-éloigné de produire un meilleur effet à chaud. C'est un peu paradoxal, mais il ne ressemble pas sous ce rapport au noir fin. Celui-ci *décolore* mieux, à chaud, certaines liqueurs colorées : pas toutes. Le noir en grains m'a toujours paru donner de meilleurs résultats à froid. C'est le temps qui donne l'effet.

Je n'insiste pas; mais il y a là un défaut très-notable, dont on ne se préoccupe pas assez : il est toujours mauvais de chauffer les jus ou sirops, surtout les jus ou sirops défékués (§ 782). Donner deux et même trois bouillons pour un résultat très-problématique est une faute; je la signale avec instance. En tout cas, on ne devrait pas dépasser + 60 degrés.

881. Les sirops filtrés sont réunis dans de grands *bacs d'attente*, pour être à la disposition du cuiseur. Il est bon de ne pas les laisser refroidir et de procéder à la cuite le plus promptement possible. Les mouvements du niveau dans les bacs exposent à l'air la

Digitized by Google

petite quantité de jus ou sirop dont les parois sont mouillées. Cette petite quantité ne résiste pas longtemps à une telle épreuve; elle s'altère et occasionnerait une altération rapide des sirops, si on laissait aux parois le mucilage ou les dépôts formés. Il est prudent de vider les bacs toutes les quarante-huit heures au moins, ou même toutes les vingt-quatre heures, de les laver et brosser, puis de les passer au lait de chaux faible (2 kilogrammes dans 1 hectolitre).

882. La circulation de vapeur entre les tubes demande à être réglée; par exemple, dans la chaudière **1**, il est clair que la vapeur entrée en D, sortant en D′ du même côté, produira très-peu d'effet sur les tubes du côté opposé. De là non-seulement un chauffage irrégulier, mais une attaque des tubes, une oxydation puissante surtout dans les chambres de **2** et de **3**, où arrivent les vapeurs des jus. Sous l'influence de l'ammoniaque contenue dans ces vapeurs, l'oxygène de l'air oxyde le cuivre, produit de l'ammoniure, de l'azotite, etc., et perce le tube. Chose remarquable, cette action n'a pas lieu sur toute la surface du métal, mais par points où elle creuse des trous comme un outil. Lors du refroidissement, l'eau se condense en gouttes et absorbe l'ammoniaque. C'est aux places occupées par ces gouttes que l'oxydation du métal et son creusage commencent avec intensité. Une fois la surface attaquée, les trous deviennent le siége d'une condensation plus active : ils se creusent chaque fois davantage, et finissent par être à jour. On a compris depuis longtemps la nécessité de répartir la vapeur uniformément entre tous les tubes; la meilleure disposition pour cet objet me paraît celle de la figure 189. D est l'ajutage d'entrée de la vapeur : une tôle de fer pliée en prisme hexagonal $a\,b\,c\,d\,d'\,c'\,b'$, lui oppose un angle fermé a, et l'oblige à courir de droite et de gauche vers l'ouverture $d\,d'$, où elle passe en continuant de gauche et de droite vers une autre ouverture $i\,i'$, puis vers une troisième $m'\,m$, une quatrième $v\,v'$, et enfin le tube x, où elle trouve son échappement (1). Ainsi brisée, elle se

(1) Ces tôles sont coupées juste de la hauteur des chambres; elles n'ont pas d'assemblage.

Digitized by Google

divise régulièrement entre tous les tubes, et donne un chauffage très-uniactif. Le tube x est représenté plus en grand figure 189. C'est une lanterne percée de fentes verticales ab, cd, ef; son extré-

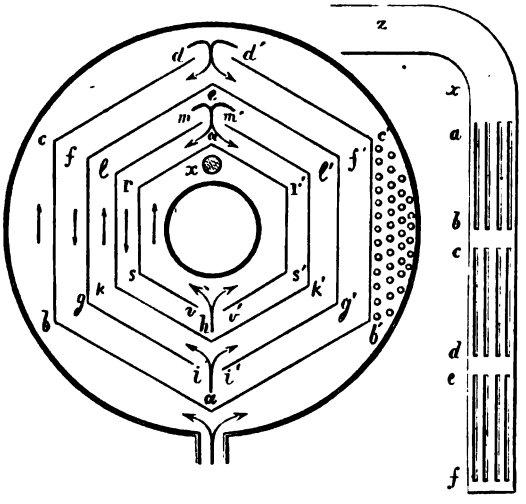


FIG. 189.

mité z va déboucher au dehors de la chaudière. Souvent les tubes sont étamés et résistent mieux.

883. Le travail du triple-effet peut être interrompu par des accidents de genres divers.

1° Des nombreux tubes dont les chambres à vapeur sont formées, un petit nombre peut, avec le temps, se disjoindre d'avec les plaques ou se percer, etc. Aussitôt le sirop passe dans les chambres de vapeur et se mêle aux eaux de retour entraînées par la pompe à air, ou bien la vapeur s'élance par les ouvertures, traverse le sirop, s'y condense en l'affaiblissant et ralentit l'évaporation. On reconnaît l'accident par un moyen simple : un petit robinet latéral h'', est établi sur les tubes de purge D′, U, U′; on l'ouvre au moindre soupçon, et on recueille un peu d'eau de *condensation*, où l'on cherche s'il existe des traces de sucre par le procédé (§ 93), avec la forme que j'ai conseillée dès 1850. On fait une dissolution de

Digitized by Google

bichlorure au 1/4 (l'oxymuriate du commerce est très-bon et pas cher) : on y trempe du mérinos fin et on fait sécher, en égouttant, comme les papiers de tournesol ou les papiers photographiques, etc., on achève la dessiccation à l'étuve à + 60 ou 70 degrés. Puis on découpe ce mérinos en petites bandes comme les *papiers réactifs :* une bandelette ainsi obtenue, mouillée d'une goutte de liquide où l'on cherche du sucre, donne à + 140 degrés une tache noire très-nette s'il en contient, et reste avec sa teinte blanche ou blanc jaunâtre si l'eau est pure. Dans les fabriques, la température de + 140 degrés est facile à obtenir; il suffit d'appliquer les bandelettes pendant trois ou quatre secondes sur le premier tube venu de vapeur directe, qui en donne 153 environ. S'il y a du sucre, c'est une preuve de fuite, et il faut y remédier... Des 1000 ou 1500 tubes quel est ou quels sont les malades? Pour le savoir exactement, il ne faut pas balancer; on vide la chaudière de tout son jus ou sirop, et on foule de l'eau dans la chambre à vapeur par l'un des robinets U, en ajustant sur la pompe un robinet à soupape, équilibrée pour 2 atmosphères, et pouvant rejeter l'excès d'eau. Sous cette pression, la moindre fuite se décèle aux hommes chargés de la découvrir. Pendant que l'un d'eux, introduit par le trou d'homme Y', ou F, ou F', examine la plaque à tubes supérieure, un camarade, introduit par la grande ouverture inférieure, promène une flamme sous les tubes et le met en état de voir celui ou ceux dont l'intérieur est mouillé (au besoin on passe par le grand tube). On marque tous les malades avec un tampon de bois, de linge, etc., puis on s'occupe de réparer le mal, autant que possible : il y a deux choses à faire.

D'abord pour un temps très-court :

J'ai vu mettre un tube de cuivre plus étroit que le tube malade d'au moins 6 millimètres; on entoure ses deux extrémités d'un manchon en plomb (en sciant dans un tube de diamètre intérieur égal au diamètre extérieur du tube de cuivre) deux longueurs de 7 à 8 centimètres chacune. On met ce tube en place avec les manchons rendus un peu coniques : on les force avec un cône de fer, un gros fer à souder, par exemple; on obtient un joint hermétique.

Digitized by Google

Quelques personnes remplissent le tube de plâtre en laissant un peu de vide, et bouchent les deux extrémités avec des bondes en bois, ou en plomb; si l'on ne peut passer dans la cavité inférieure, faute d'une ouverture *ll'* suffisante ou faute de gros tube, la réparation doit être faite par en haut, et on conçoit toute la difficulté du travail.

On y remédie assez simplement : après avoir vidé la chaudière, on enlève le tube et on bouche les deux trous avec deux bondes en bois : c'est un tube de moins, mais la chambre à vapeur est rétablie.

Pour une réparation complète, il faut le secours du mécanicien.

2° L'accident le plus fâcheux est le dépôt d'incrustations sur les parois intérieures des tubes et les plaques. Ces incrustations, dont la conductibilité est très-faible, diminuent le pouvoir d'évaporation à un degré suffisant pour arrêter, ou au moins ralentir, la marche de la fabrique. Une surface de cuivre peut produire 10, 20, 100 fois plus d'effet que la croûte calcaire déposée. Il est indispensable d'enlever cette croûte le plus promptement possible. Parfois, elle contient du carbonate de chaux en proportion assez grande, et est par conséquent attaquable par les acides étendus. On vide l'appareil dans ce cas, et on y introduit une certaine quantité d'acide chlorhydrique étendu. Le meilleur est fait de 1 volume acide ordinaire D = 1185 ou 1190 (18 1/2 ou 19 du densimètre) et 3 ou 4 volumes d'eau. L'acide a peu d'action sur le cuivre. Aussitôt l'attaque de la croûte assez avancée pour pouvoir délayer les parties moins attaquées par l'acide, on passe une brosse métallique (cuivre) dans tous les tubes, on lave à grande eau, et on referme l'appareil.

Le lavage à l'acide présente un inconvénient, un danger, dont il faut toujours se défier : la fonte dégage de l'hydrogène en produisant du chlorure de fer. Cet hydrogène forme, en se mêlant avec l'air, un mélange très-explosif. Un homme qui descendrait dans la chaudière pourrait être asphyxié par l'hydrogène (mêlé d'un peu d'hydrogène sulfuré, etc.). S'il descendait avec une lampe, il pourrait amener une explosion violente, être tué, briser l'appareil, etc. Si l'on chasse le liquide, et si l'on emploie la pompe à air pour aspirer l'eau de lavage, le mélange explosif est enlevé par la

Digitized by Google

pompe, et il est bon de ne pas avoir un bec de gaz près du tuyau de dégagement de cette pompe.

884. Voici quelques analyses de dépôts formés dans les triples-effets :

Argile (silicate d'alumine).....		3.7	4.8	12.3		78.37
Acide silicique.....		18.1	20.2	7.7		
Carbonate de chaux.....		0.2	2.9	0.8		0.05?
Potasse...	unies à divers	»	»	»		
Soude....	acides	»	»	0.4		
Chaux....	organiques	56.3	50.7	58.1		4.19
Magnésie..	hexadéfique, etc.	4.1	2.6	2.0		
Alumine.....		7.2	8.5	5.9	Eau..	9.33
Fer.....		3.9	2.3	6.2		
Cuivre (des chaudières)..... ..		1.4	0.4	0.2		
Plomb (des mastics).....		0.8	0.7	0.4		
Matières grasses.....		4.3	6.9	6.0	et organiques.	16.96 (1)
		100.0	100.0	100.0		100.00

De tous ces corps, le cuivre et le plomb doivent être séparés comme ne venant pas du sucre. Ce sont des parcelles détachées : le plomb, des mastics; le cuivre, des chaudières, par les acides de lavages, ou les vapeurs ammoniacales des jus. Tous les autres composés sont *naturels*, ou, en d'autres termes, proviennent du sucre. La silice (acide silicique) vient de la décomposition d'une très-petite quantité de silicate alcalin presque insaisissable dans le jus, mais notable après la concentration, où elle se décompose en grande partie. L'acide silicique se dépose sur les tubes, l'alcali reste dans le sirop, dont il modifie les petites quantités déjà inverties; de là de l'*hexépate*, du *triépiate*, de l'*hexadéfate*, tous colorés, et dont les acides, par échange avec les sels de chaux, forment des sels calcaires, insolubles, reconnaissables à leur structure un peu boursouflée, à leur densité assez faible et surtout à leur dureté presque nulle. Il y a beaucoup de ces sels calcaires dans les 55 ou 60 centièmes trouvés par l'analyse. Ils se forment surtout entre les tubes,

(1) Parmi lesquelles acide oxalique, 9,31 (C^2O^3).

Digitized by Google

sur les plaques, où ils dominent, tandis que l'intérieur des tubes est tapissé, comme verni, par la couche siliceuse.

Il est difficile de se débarrasser de ces dépôts très-nuisibles à la rapidité de l'évaporation : ils ne se dissolvent pas dans les acides : les sels calcaires formés par des acides presque insolubles et protégés par la matière grasse, résistent, même à l'acide chlorhydrique fumant. Les agents mécaniques ne sont pas d'un emploi facile. Les grattoirs atteignent très-difficilement la couche intérieure dans les petits tubes : sur les plaques même leur action est des plus pénibles. Il est donc de la plus haute importance, pour la conservation de l'appareil, d'éviter le plus possible la formation de ces dépôts. Le traitement barytique des jus me paraît capable de diminuer beaucoup le mal : j'en parlerai plus loin (*Procédés-baryte*).

883. Les croûtes sont parfois inattaquables à l'acide, comme nous venons de le dire. Il se présente alors deux cas distincts :

A. Les croûtes proviennent du dépôt de sels, d'abord solubles dans le jus, devenus insolubles à mesure de la concentration et de la modification chimique du sirop. L'exemple le plus ordinaire, et le plus fâcheux, est celui du sulfate calcaire, dont le dépôt, même à l'état anhydre, peut avoir lieu dans la première caisse, la température 112 degrés étant assez haute pour le déshydrater. En général, les croûtes ainsi produites sont insolubles dans l'acide chlorhydrique. Il n'est pas possible d'agir contre elles par des moyens chimiques, il faut employer les moyens mécaniques, le ciseau et le marteau. Tout commentaire est bien inutile.

B. Les dépôts peuvent être formés par des poussières insolubles, entraînées jusque dans le triple effet, à la suite d'une décantation et d'une filtration imparfaite. Les carbonatations peuvent laisser dans les jus décantés une petite quantité de matières argilo-siliceuses, très-ténues, capables de traverser les filtres à noir et d'aller au triple effet, si l'on ne passe pas au filtre-presse. Il arrive alors de voir ces matières se déposer en croûtes très-dures, inattaquables par l'acide; les moyens mécaniques eux-mêmes sont presque impuissants. J'ai proposé de remédier à cet inconvénient par l'inter-

Digitized by Google

position dans le trajet du jus, au-dessous du robinet I, d'un appareil très-simple représenté figure 190. C'est un filtre composé d'une boîte cylindrique FG, à deux cannelures latérales VU, dans lesquelles on fait descendre par leurs tourillons ou poignées *a a* des

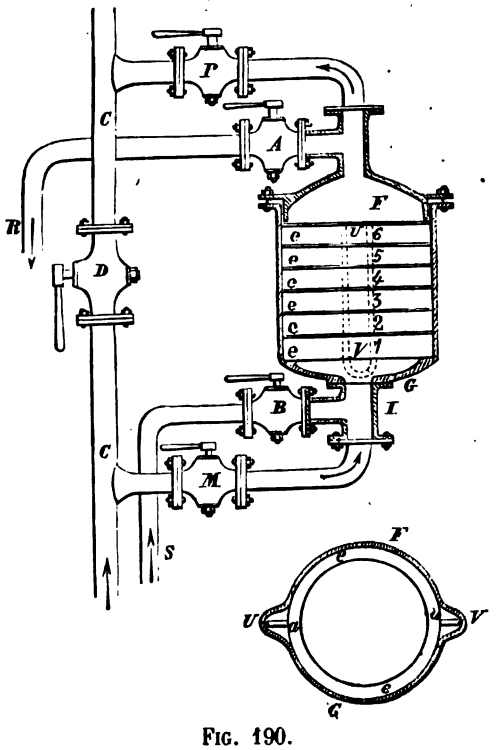


FIG. 190.

cadres analogues à ceux des filtres-presses, *e e*, portant chacun une toile, soutenue au moyen d'une tôle perforée. Six cadres superposés sont maintenus par un anneau de cuivre rouge *n n'*, sur lequel appuie le couvercle, à deux ou trois boulons; FH. Ce filtre est lié au tuyau CC (par lequel les jus entrent dans le triple effet suivant les flèches), par les deux tubes MI et HP. Les deux tubes AR, BS, peuvent permettre à d'autres liquides le passage au travers du filtre. Fermons les deux robinets A et B. Nous pouvons bien simplement laisser les jus aller au triple effet, comme à l'ordinaire, ou les faire

Digitized by Google

passer au travers du filtre à volonté. Pour la première marche, laissons D ouvert et fermons M, P. Pour la seconde, au contraire, fermons D et ouvrons les deux robinets du filtre. C'est un tamiseur à plusieurs toiles.

Ce petit appareil ne ralentit pas l'entrée des jus quand ils sont bien décantés, ou bien filtrés; même dans ce cas, il sert encore de *témoin*, et arrête au dernier moment tout ce qui pourrait être entraîné avec le jus, grains de noir, débris de mastic, de balais, etc. Si les jus sont mal filtrés, il retient les dernières parcelles de carbonate calcaire, et peut, après un temps, s'obstruer assez pour ralentir la marche. Son nettoyage est facile, sans aucun démontage : on ferme M, P, on ouvre D; les jus vont directement à la chaudière; on ouvre B, A, et on fait arriver dans le filtre de l'eau tiède, d'abord dans le sens BFA, sens de la filtration, puis dans le sens contraire AFB. En quelques minutes, le filtre est remis en bon état. Quand il faut changer les toiles, dix minutes peuvent suffire, avec une autre série de cadres toute prête.

Quelquefois le lavage à la soude caustique enlève les dépôts en grande partie. Voici comment il est bon de procéder : on vide bien les caisses et on les lave à l'eau pure, puis on fait un peu de vide, pour aspirer de la soude caustique étendue. 1 volume de soude concentrée, de 33 degrés densimétriques, D = 1330, commerciale, est mêlé avec 4 volumes d'eau; on remplit la caisse **1** à 1 ou 2 centimètres au-dessus des plaques; on fait bouillir quelques minutes, par les retours, ou la vapeur directe, puis on vide dans la chaudière **2**; on donne de nouveau la vapeur pour concentrer la soude adhérente aux parois et la faire agir presque à sec, puis on procède au lavage avec de l'eau. Si ce travail n'enlève pas, à lui seul, une très-grande partie du dépôt, il rend, en général, le grattage assez facile. On fait le travail au besoin dans les trois caisses. Les joints au minium trop récents sont attaqués par la soude.

886. Les jus, mis en ébullition dans les trois caisses, commencent fréquemment par une mousse volumineuse, dont on suit le développement au travers des trois glaces $pp'p''$, serrées, sous un

Digitized by Google

cadre de bronze et un de caoutchouc, par six boulons chacune. Des lunettes *s*, placées dans la paroi opposée, permettent d'examiner l'intérieur de la chaudière, en s'aidant, au besoin, d'une petite lampe ou d'un bec de gaz. Si la mousse atteint la troisième glace et menace de monter encore, on fait entrer de l'huile par le godet ou *robinet à huile r ;* au besoin, on laisse rentrer un peu d'air, pour diminuer le vide, ce qui *casse la mousse*. Tous les mouvements du vide se lisent sur un baromètre *b''*, placé sur la corniche des chaudières. Un enregistreur peut être ajouté à celui de la chaudière **3**.

Cet apaisement des sirops de sucre est attribué par Desmarest à une action capillaire semblable à celle des graisses sur le mercure. Mais je crois la cause plus complexe. Prenons *e* (fig. 191) comme épaisseur du sirop nécessaire au maintient d'une bulle B; quand le sirop est recouvert d'huile, la couche liquide qui maintient la bulle est double; elle se compose d'une couche de sirop *e'*, plus mince que *e*, très-complétement enveloppée d'une couche d'huile *h* dont l'épaisseur est telle que sa viscosité représente juste celle de la couche de sirop $e - e'$, qu'elle remplace. Cette couche d'huile doit être évidem-

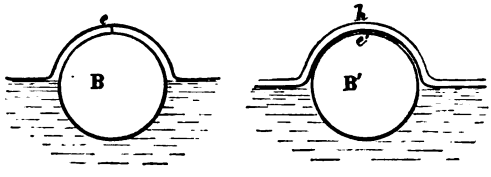


FIG. 191.

ment très-épaisse; or, à peine est-telle soulevée, son épaisseur diminue rapidement, d'une part, sous l'action de la pesanteur, à peine combattue par sa viscosité, sa cohésion; de l'autre, par l'influence de la chaleur qui, en raison de sa faible capacité, l'échauffe rapidement, la rend très-fluide, et facile à déchirer : son absence ne permet plus à la couche *e'* de résister, elle se déchire à son tour, et le sirop s'apaise.

887. On peut même briser la mousse par la vapeur. Le tube *ee'e''* en donne le moyen; il amène de la vapeur directe, et il

Digitized by Google

suffit d'ouvrir *e* doucement pour lancer un jet de vapeur au travers des mousses. Ce tube est surtout utile en cas de nettoyage : il permet de dissoudre promptement, par l'eau condensée, tout le sirop attaché aux parois, et de faciliter le nettoyage des tubes en ouvrant *e'* pour faire bouillir cette eau (il est bon de ne pas laisser les clefs sur les robinets en dehors de ce cas).

888. Le nettoyage à l'eau pure, ou à l'eau acidulée, peut être fait en aspirant l'eau, par le tube O'O'', de la caisse **1**, et distribuant cette eau dans les deux autres comme du jus. Le vidage est fait par les tubes QQ'Q''. Les tubes XX'X'' servent au vidage partiel, ou total, du jus, ou sirop, en cas de nettoyage ou d'accident.

Les tubes S''' sont employés au vidage de l'eau condensée : dès que la hauteur de cette eau monte au robinet *g'* du tube de niveau *g'h'*, on ouvre S''' ; l'eau est aspirée dans la caisse suivante, ce tube débouchant dans la plaque à tubes supérieure.

889. Les soupapes à flotteur ont un grave inconvénient : les flotteurs viennent-ils à se dessouder, se percer, etc., l'eau les envahit et les met hors de service. La soupape devient alors un inconvénient et même un danger. On remplace aujourd'hui ces soupapes par un siphon manométrique L'L'', auquel on donne une hauteur L''N'' de $6^{m},50$ à peu près. La certitude de l'évacuation de l'eau sous une pression d'une atmosphère et demie devient ainsi très-assurée.

890. Il n'est pas possible, dans une marche un peu pressée, — on l'est toujours, — d'arrêter tout le triple effet par suite d'accident à une seule chaudière. Voici les moyens de continuer le travail avec les deux chaudières conservées intactes :

Si c'est la chaudière **1** dont le service est interrompu, il suffit de défaire le joint *v* du vase de sûreté S''T, avec la chaudière **2**, et de passer dans ce joint, pour le refaire, une plaque de tôle préparée à l'avance avec ses trous de boulons. On remet ces derniers et on serre. L'appareil peut maintenant marcher réduit à **2** et **3**. On alimente **2** par O''O'I' ; on donne la vapeur en *e'* ; le vide est fait de

Digitized by Google

3 en **2** par le tuyau T'G, qui donne communication entre **2** et le vase de sûreté (en arrière), lorsque F est fermé. Tout le reste demeure comme avant.

Dans le cas où **2** vient à manquer, on défait les joints *v*'T', et on y adapte un tuyau préparé à l'avance, ce qui demande dix à quinze minutes. On démonte I'*l* et on prolonge I''*l* par un bout de tuyau jusqu'à la tubulure, près de O', tout le reste sans changement.

Enfin, lorsque **3** vient à manquer, on ferme F', on relie M avec le tube F''T'' par un tuyau préparé d'avance (sur deux tubulures dont l'une est en avant de M, l'autre en avant de F''T''). On démonte I'' et on rattache la tubulure *l* de **2** avec le tuyau de la pompe à sirop très-analogue, comme nous verrons, avec la pompe à jus.

L'appareil est ainsi réduit à un double-effet. La marche de cet appareil n'est pas notablement inférieure à celle du triple-effet complet (proportion des surfaces gardée, bien entendu). On est donc amené bien naturellement à se demander si le triple-effet est réellement nécessaire ou, en d'autres termes, si l'on ne pourrait pas supprimer une des chaudières et se borner à deux, ce qui diminuerait le prix de l'appareil. Il n'y a pas de question plus compliquée. Je ne pourrais, sans dépasser le cadre du présent traité, donner ici l'abrégé des calculs nécessaires pour une comparaison entre le triple et le double-effet. Je me bornerai à dire que le double-effet pourrait donner des avantages à bien peu près égaux à ceux du triple-effet. Quelques fabriques de France s'en contentent; en Autriche et en Allemagne il est très-employé. C'est une preuve de ses mérites. Pourtant je conseillerais l'acquisition ou la conservation du triple-effet par une raison décisive. Lorsque le triple-effet marche bien, la troisième chaudière ne nuit pas, et en cas d'accident à une des chaudières, on en a toujours deux disponibles, on peut ne pas arrêter; avec un double-effet diminué d'une chaudière, le travail aurait à souffrir.

891. On emploie encore d'autres dispositions, qui ne sont pas plus simples.

892. L'évaporation de l'eau dans le triple-effet, ou dans l'appa-

Digitized by Google

reil de cuite, est soumise à certaines lois dont je crois devoir parler brièvement.

Peclet a mesuré les quantités de chaleur absorbées par 1 kilogramme d'eau, pris aux diverses températures, pour devenir vapeur. Il a trouvé :

1 kilogramme d'eau à	+ 20° absorbe.....	1370	calories.
—	30°.....	1160	—
—	40°.....	1070	—
—	50°.....	840	—
—	60°.....	760	—
—	70°.....	720	—
—	80°.....	690	—
—	90°.....	660	—

On voit par ces nombres toute l'étendue des pertes de chaleur causées par le rayonnement, l'échauffement de l'air en contact avec l'appareil, etc. 1 kilogramme d'eau à + 20 degrés a besoin, *théoriquement*, de 80 calories pour monter à 100 degrés et 535 pour devenir vapeur à cette température. C'est en tout 615 calories. Pratiquement il en faut 1370, ou plus du double.

893. Les pressions, ou forces élastiques, des vapeurs ont été données, avec la plus grande précision, par Regnault : Voici les tableaux où leurs relations avec la température sont exprimées depuis — 32 degrés au-dessous de zéro jusqu'à 230 au-dessus d'après l'expérience directe.

Je crois devoir donner encore le tableau des poids de vapeur et d'air contenus dans l'air saturé à diverses températures (1).

(1) Ce tableau, comme le précédent, est extrait de l'utile ouvrage de Claudel, *Aide-mémoire*.

Digitized by Google

Table des forces élastiques de la vapeur d'eau à différentes températures, d'après les expériences de M. Regnault, du poids q d'un mètre cube de vapeur et du volume V d'un kilogramme de vapeur.

TEMPÉRATURE t	FORCE ÉLASTIQUE DE LA VAPEUR. en atmosphères N	en hauteur de mercure H	en hauteur d'eau h=10 P	VAPEUR. Poids d'un m. cube q	Volume d'un kilog. V	AIR. Poids d'un m. cube Q
	atm.	mèt.	mèt.	kilog.	m. c.	kilog.
— 32°	0,000408	0,000310	0,004215	0,00037175	2690,0	0,00059768
31	0,000442	0,000336	0,004568	0,00040127	2492,1	0,00064542
30	0,000480	0,000365	0,004963	0,00043410	2303,6	0,00069794
29	0,000522	0,000397	0,005398	0,00047022	2126,7	0,00075598
28	0,000567	0,000431	0,005860	0,00052024	1922,2	0,00084737
27	0,000616	0,000468	0,006363	0,00054980	1818,9	0,00088392
26	0,000670	0,000509	0,006920	0,00059554	1679,2	0,00095745
25	0,000728	0,000553	0,007519	0,00065941	1516,5	0,0010360
24	0,000792	0,000602	0,008185	0,00069868	1431,3	0,0011233
23	0,000861	0,000654	0,008892	0,00075599	1322,8	0,0012154
22	0,000936	0,000711	0,009667	0,00081859	1221,6	0,0013164
21	0,001018	0,000774	0,010523	0,00088759	1126,7	0,0014270
20	0,001107	0,000841	0,011431	0,00096060	1041,02	0,0015444
19	0,001205	0,000916	0,012451	0,0010424	959,57	0,0016755
18	0,001313	0,000998	0,013569	0,0011340	881,20	0,0018183
17	0,001426	0,001084	0,014738	0,0012236	817,25	0,0019674
16	0,001551	0,001179	0,016030	0,0013257	754,34	0,0021463
15	0,001690	0,001284	0,017457	0,0014384	695,35	0,0023421
14	0,001839	0,001398	0,019007	0,0015798	644,43	0,0025576
13	0,002001	0,001521	0,020679	0,0016905	591,56	0,0027477
12	0,002179	0,001656	0,022515	0,0018334	545,43	0,0029476
11	0,002372	0,001803	0,024544	0,0019885	502,89	0,0031970
10	0,002583	0,001963	0,026689	0,0021567	463,67	0,0034674
9	0,002812	0,002137	0,029055	0,0023390	427,53	0,0037604
8	0,003062	0,002327	0,031638	0,0025373	394,12	0,0040793
7	0,003333	0,002533	0,034439	0,0027516	363,43	0,0044237
6	0,003629	0,002758	0,037498	0,0029847	335,04	0,0047986
5	0,003953	0,003004	0,040842	0,0032388	308,76	0,0052074
4	0,004304	0,003271	0,044472	0,0035135	284,62	0,0056487
3	0,004795	0,003644	0,049543	0,0038896	256,43	0,0062695
2	0,005404	0,003879	0,052739	0,0044358	244,79	0,0066492
1	0,005558	0,004224	0,057429	0,0044870	222,86	0,0072139
0	1/166 = 0,0061	0,004600	0,062541	0,0048685	205,40	0,0078272
+1	0,0065	0,004940	0,067164	0,0052092	191,97	0,0083750
2	0,0070	0,005302	0,072086	0,0055706	179,54	0,0089559
3	0,0075	0,005687	0,077320	0,0059534	167,97	0,0095744
4	0,0080	0,006097	0,082894	0,0063595	157,24	0,0102243
5	0,0086	0,006534	0,088836	0,0067908	147,26	0,010918
6	0,0092	0,006998	0,095144	0,0072469	137,99	0,011654
7	0,0099	0,007492	0,101862	0,0077325	129,32	0,012432
8	0,0105	0,008017	0,109000	0,0082430	121,32	0,013252
9	0,0113	0,008574	0,116557	0,0087843	113,84	0,014123
10	0,0121	0,009165	0,124561	0,0093566	106,88	0,015043
11	0,0129	0,009792	0,133046	0,0099614	100,387	0,016015
12	0,0138	0,010457	0,142147	0,0106005	94,335	0,017043
13	0,0147	0,011162	0,151776	0,011276	88,687	0,018128
14	0,0157	0,011908	0,161890	0,011987	83,422	0,019272
15	0,0167	0,012699	0,172565	0,012739	78,499	0,020481
16	0,0178	0,013536	0,184803	0,013534	73,904	0,021755
17	0,0190	0,014424	0,196607	0,014367	69,607	0,023097
17,83	1/50 = 0,02	0,015200	0,206666	0,015099	66,229	0,024275
18	0,0202	0,015357	0,208790	0,015246	65,590	0,024512

Digitized by Google

TEMPÉRATURE t	FORCE ÉLASTIQUE DE LA VAPEUR			VAPEUR.		AIR.
	en atmosphères p	en hauteur de mercure H	en hauteur d'eau h	Poids d'un m. cube q	Volume d'un kilog. V	Poids d'un m. cube Q
	atm.	mèt.	mèt.	kilog.	m. c.	kilog.
19°	0,0215	0,016346	0,22224	0,016172	61,834	0,026001
20	0,0229	0,017391	0,23645	0,017148	58,317	0,027568
21	0,0243	0,018495	0,25146	0,018194	54,973	0,029246
22	0,0259	0,019659	0,26728	0,019252	51,942	0,030952
23	0,0275	0,020888	0,28399	0,020386	49,052	0,032776
24	0,0293	0,022184	0,30164	0,021578	46,343	0,034692
25	0,0310	0,023550	0,32048	0,022830	43,802	0,036704
26	0,0329	0,024988	0,33974	0,024143	41,420	0,038816
27	0,0349	0,026505	0,36036	0,025524	39,180	0,041034
28	0,0370	0,028104	0,38206	0,026970	37,078	0,043360
29	0,0392	0,029782	0,40494	0,028488	35,102	0,045804
29,35	1/25 = 0,04	0,030400	0,41332	0,029046	34,428	0,046697
30	0,0415	0,031548	0,42893	0,030078	33,247	0,048357
31	0,0440	0,033406	0,45449	0,031744	31,502	0,051036
32	0,0465	0,035359	0,48073	0,033490	29,860	0,053852
33	0,0492	0,037411	0,50863	0,035317	28,315	0,056780
33,27	1/20 = 0,05	0,038000	0,51665	0,035842	27,900	0,057623
34	0,0521	0,039565	0,53792	0,037229	26,861	0,059854
35	0,0554	0,041827	0,56949	0,039286	25,454	0,063160
36	0,0582	0,044204	0,60096	0,041322	24,200	0,066433
37	0,0614	0,046691	0,63481	0,043508	22,984	0,069949
38	0,0649	0,049302	0,67031	0,045793	21,837	0,073623
38,50	1/15=0,0667	0,050667	0,68887	0,046986	21,283	0,075540
39	0,0685	0,052039	0,70752	0,048184	20,755	0,077461
40	0,0722	0,054906	0,74650	0,050672	19,735	0,081467
41	0,0762	0,057940	0,78734	0,053274	18,771	0,085650
42	0,0803	0,061055	0,83040	0,055989	17,861	0,090014
42,69	1/12=0,0833	0,063333	0,86107	0,057951	17,256	0,093168
43	0,0847	0,064346	0,87484	0,058820	17,001	0,094565
44	0,0892	0,067790	0,92167	0,061772	16,189	0,099342
45	0,0939	0,071391	0,97063	0,064848	15,421	0,104258
46	0,0989	0,075158	1,02183	0,068056	14,694	0,10941
46,21	1/10 = 0,10	0,076000	1,03329	0,068773	14,541	0,11057
47	0,1041	0,079093	1,07534	0,071395	14,007	0,11478
48	0,1095	0,083204	1,1312	0,074871	13,356	0,12037
49	0,1151	0,087499	1,1896	0,078491	12,740	0,12619
50	0,1210	0,091982	1,2506	0,082257	12,157	0,13224
50,63	1/8 = 0,125	0,095000	1,2916	0,084790	11,794	0,13632
51	0,1272	0,096661	1,3142	0,086173	11,604	0,13844
52	0,1336	0,101543	1,3806	0,090247	11,081	0,14509
53	0,1403	0,106636	1,4498	0,094483	10,584	0,15190
53,36	1/7 = 0,1429	0,108574	1,4764	0,096120	10,404	0,15453
54	0,1473	0,111945	1,5220	0,098883	10,113	0,15898
55	0,1546	0,117478	1,5970	0,103453	9,6662	0,16632
56	0,1622	0,123214	1,6756	0,10820	9,2421	0,17396
56,57	1/6 = 0,1667	0,126667	1,7222	0,11102	9,0078	0,17848
57	0,1704	0,129454	1,7573	0,11343	8,8394	0,18188
58	0,1783	0,135505	1,8423	0,11824	8,4570	0,19011
59	0,1869	0,142045	1,9308	0,12355	8,0938	0,19864
60	0,1958	0,148794	2,0229	0,12907	7,7478	0,20754
60,46	1/5 = 0,20	0,152000	2,0666	0,13166	7,5954	0,21167
61	0,2051	0,155839	2,1188	0,13477	7,4203	0,21667
62	0,2147	0,163170	2,2194	0,14068	7,1082	0,22648
63	0,2247	0,170791	2,3221	0,14682	6,8113	0,23604
64	0,2352	0,178714	2,4298	0,15347	6,5287	0,24626
65	0,2460	0,186945	2,5417	0,15975	6,2598	0,25683
65,36	1/4 = 0,25	0,190000	2,5832	0,16219	6,1657	0,26075

Digitized by Google

TEMPÉRATURE t	FORCE ÉLASTIQUE DE LA VAPEUR			VAPEUR.		AIR.
	en atmosphères N	en hauteur de mercure H	en hauteur d'eau h=10P	Poids d'un m. cube q	Volume d'un kilog. V	Poids d'un m. cube Q
	atm.	mèt.	mèt.	kilog.	m. c.	kilog.
66°	0,2572	0,195496	2,6579	0,16656	6,0038	0,26779
67	0,2689	0,204376	2,7787	0,17362	5,7599	0,27942
68	0,2810	0,213596	2,9040	0,18092	5,5275	0,29086
69	0,2936	0,223165	3,0341	0,18847	5,3060	0,30300
69,49	3/10=0,30	0,228000	3,0999	0,19227	5,2009	0,30942
70	0,3067	0,233093	3,1694	0,19628	5,0949	0,31556
71	0,3203	0,243393	3,3092	0,20435	4,8935	0,32854
72	0,3343	0,254073	3,4544	0,21270	4,7045	0,34196
73	0,3489	0,265147	3,6049	0,22133	4,5282	0,35583
74	0,3640	0,276624	3,7610	0,23024	4,3433	0,37016
75	0,3796	0,288517	3,9227	0,23945	4,1762	0,38497
76	0,3958	0,300838	4,0902	0,24896	4,0167	0,40025
76,25	4/10=0,40	0,304000	4,1332	0,25139	3,9778	0,40447
77	0,4126	0,313600	4,2637	0,25878	3,8643	0,41604
78	0,4300	0,326814	4,4433	0,26894	3,7187	0,43233
79	0,4480	0,340488	4,6293	0,27937	3,5795	0,44944
80	0,4666	0,354643	4,8217	0,29015	3,4464	0,46649
81	0,4859	0,369287	5,0208	0,30128	3,3192	0,48438
81,74	1/2=0,50	0,380000	5,1665	0,30940	3,2324	0,49743
82	0,5058	0,384435	5,2268	0,31275	3,1974	0,50282
83	0,5265	0,400404	5,4397	0,32458	3,0809	0,52184
84	0,5478	0,416298	5,6600	0,33678	2,9693	0,54144
85	0,5698	0,433044	5,8876	0,34934	2,8625	0,56164
86	0,5926	0,450344	6,1228	0,36229	2,7603	0,58245
86,32	6/10=0,60	0,455000	6,1861	0,36654	2,7284	0,58924
87	0,6161	0,468221	6,3659	0,37562	2,6623	0,60389
88	0,6404	0,486687	6,6169	0,38935	2,5684	0,62597
89	0,6655	0,505759	6,8763	0,40349	2,4784	0,64870
90	0,6914	0,525450	7,1440	0,41804	2,3924	0,67209
90,32	7/10=0,70	0,532000	7,2330	0,42288	2,3647	0,67987
91	0,7181	0,545778	7,4204	0,43302	2,3094	0,69617
92	0,7457	0,566757	7,7056	0,44843	2,2300	0,72095
92,15	3/4=0,75	0,570000	7,7497	0,45084	2,2182	0,72478
93	0,7742	0,588406	7,9999	0,46429	2,1638	0,74644
93,88	8/10=0,80	0,608000	8,2663	0,47859	2,0894	0,76944
94	0,8036	0,610740	8,2845	0,48059	2,0808	0,77266
95	0,8339	0,633778	8,6168	0,49737	2,0106	0,79962
96	0,8652	0,657535	8,9398	0,51464	1,9432	0,82735
97	0,8974	0,682029	9,2728	0,53233	1,8785	0,85584
97,08	9/10=0,90	0,684000	9,2996	0,53376	1,8735	0,85843
98	0,9306	0,707280	9,6462	0,55055	1,8164	0,88543
99	0,9649	0,733305	9,9700	0,56927	1,7566	0,91523
100	1=1,00	0,760000	10,3329	0,58844	1,6995	0,94600
101	1,0363	0,78759	10,7080	0,60844	1,6444	0,97772
102	1,0737	0,81604	11,095	0,62840	1,5943	1,01030
103	1,1122	0,84528	11,492	0,64924	1,5403	1,04376
104	1,1518	0,87541	11,902	0,67057	1,4943	1,07808
105	1,1926	0,90644	12,323	0,69247	1,4444	1,1133
106	1,2346	0,93831	12,757	0,71495	1,3987	1,1494
106,36	1 1/4=1,25	0,95000	12,916	0,72317	1,3828	1,1627
107	1,2778	0,97144	13,204	0,73802	1,3550	1,1865
108	1,3222	1,00491	13,663	0,76167	1,3129	1,2246
109	1,3680	1,03965	14,138	0,78594	1,2724	1,2636
110	1,4150	1,07537	14,621	0,81082	1,2333	1,3036
111	1,4636	1,11209	15,120	0,83634	1,1957	1,3446
111,74	1 1/2=1,50	1,14000	15,499	0,85565	1,1687	1,3757
112	1,5129	1,14983	15,633	0,86245	1,1595	1,3866

Digitized by Google

TEMPÉRATURE t	FORCE ÉLASTIQUE DE LA VAPEUR.			VAPEUR.		AIR.
	en atmosphères N	en hauteur de mercure H	en hauteur d'eau h=10P	Poids d'un m. cube q	Volume d'un kilog. V	Poids d'un m. cube Q
	atm.	mèt.	mèt.	kilog.	m. cub.	kilog.
113°	1,5640	1,18864	16,160	0,88922	1,1246	1,4296
114	1,6164	1,22847	16,702	0,91666	1,0909	1,4737
115	1,6703	1,26941	17,259	0,94477	1,0585	1,5189
116	1,7256	1,31147	17,831	0,97356	1,02746	1,5652
116,43	1 3/4=1,75	1,33000	18,083	0,98622	1,01397	1,5856
117	1,7824	1,35466	18,418	1,00304	0,99697	1,6126
118	1,8408	1,39902	19,021	1,03323	0,96784	1,6611
119	1,9007	1,44455	19,640	1,06443	0,93973	1,7108
120	1,9622	1,49128	20,275	1,0958	0,91261	1,7617
120,60	2=2,00	1,52000	20,666	1,1154	0,89674	1,7929
121	2,0253	1,53925	20,928	1,1284	0,88642	1,8137
122	2,0901	1,58847	21,597	1,1613	0,86144	1,8670
123	2,1565	1,63896	22,283	1,1954	0,83673	1,9214
124	2,2247	1,69076	22,987	1,2298	0,81314	1,9772
124,36	2,25	1,71000	23,249	1,2427	0,80472	1,9978
125	2,2946	1,74388	23,710	1,2652	0,79036	2,0342
126	2,3663	1,79835	24,450	1,3012	0,76853	2,0919
127	2,4397	1,85420	25,210	1,3385	0,74708	2,1520
127,80	2,50	1,90000	25,832	1,3689	0,73053	2,2008
128	2,5151	1,91147	25,988	1,3765	0,72651	2,2129
129	2,5923	1,97045	26,786	1,4152	0,70663	2,2752
130	2,6714	2,03028	27,604	1,4547	0,68741	2,3388
130,97	2,75	2,09000	28,415	1,4939	0,66938	2,4018
131	2,7525	2,09194	28,442	1,4952	0,66881	2,4039
132	2,8356	2,15503	29,300	1,5365	0,65084	2,4702
133	2,9206	2,21969	30,179	1,5787	0,63344	2,5381
133,91	3,00	2,28000	30,999	1,6179	0,61807	2,6042
134	3,0078	2,28592	31,079	1,6218	0,61660	2,6074
135	3,0970	2,35373	32,001	1,6658	0,60031	2,6784
136	3,1884	2,42346	32,945	1,7107	0,58454	2,7504
136,66	3,25	2,47000	33,582	1,7410	0,57438	2,7990
137	3,2819	2,49423	33,911	1,7566	0,56928	2,8244
138	3,3776	2,56700	34,901	1,8035	0,55449	2,8995
139	3,4753	2,64144	35,913	1,8555	0,53893	2,9834
139,25	3,50	2,66000	36,165	1,8634	0,53673	2,9954
140	3,5758	2,71763	36,919	1,9014	0,52560	3,0647
141	3,6784	2,79557	38,008	1,9498	0,51288	3,1347
141,68	3,75	2,85000	38,748	1,9845	0,50391	3,1905
142	3,7833	2,87530	39,092	2,0006	0,49986	3,2163
143	3,8904	2,95686	40,201	2,0524	0,48724	3,2996
144	4,0003	3,04096	41,335	2,1052	0,47502	3,3845
145	4,1126	3,12555	42,495	2,1594	0,46347	3,4712
146	4,2273	3,21274	43,680	2,2140	0,45168	3,5595
146,19	4,25	3,23000	43,915	2,2249	0,44947	3,5770
147	4,3446	3,30187	44,892	2,2700	0,44053	3,6495
148	4,4644	3,39298	46,134	2,3271	0,42973	3,7413
148,29	4,50	3,42000	46,498	2,3440	0,42662	3,7685
149	4,5870	3,48609	47,396	2,3852	0,41924	3,8318
150	4,7121	3,58123	48,690	2,4446	0,40908	3,9304
150,30	4,75	3,61000	49,081	2,4624	0,40640	3,9589
151	4,8400	3,67843	50,012	2,5050	0,39924	4,0273
152	4,9707	3,77774	51,362	2,5665	0,38963	4,1263
152,22	5,00	3,80000	51,665	2,5803	0,38755	4,1484
153	5,1042	3,87918	52,744	2,6293	0,38034	4,2274
154	5,2405	3,98277	54,150	2,6934	0,37131	4,3299
154,07	5,25	3,99000	54,248	2,6976	0,37070	4,3370
155	5,3797	4,08856	55,588	2,7582	0,36256	4,4344

Digitized by Google

TEMPÉRATURE t	FORCE ÉLASTIQUE DE LA VAPEUR			VAPEUR.		AIR.
	en atmosphères. N	en hauteur de mercure H	en hauteur d'eau h=10 P	Poids d'un m. cube q	Volume d'un kilog. V	Poids d'un m. cube Q
°	atm.	mèt.	mèt.	kilog.	m. c.	kilog.
155,85	5,5	4,180 00	56,831	2,8443	0,355 33	4,5246
156	5,5218	4,196 59	57,057	2,8245	0,354 05	4,5440
157	5,6669	4,306 88	58,556	2,8920	0,345 79	4,6495
157,56	5,75	4,370 00	59,414	2,9305	0,344 24	4,7114
158	5,8151	4,419 45	60,086	2,9606	0,337 76	4,7599
159	5,9663	4,534 36	61,649	3,0306	0,329 97	4,8723
159,22	6,00	4,560 00	61,997	3,0462	0,328 28	4,8974
160	6,1206	4,651 62	63,243	3,1018	0,322 40	4,9863
161	6,2780	4,771 28	64,870	3,1742	0,315 04	5,1033
162	6,4386	4,893 36	66,530	3,2479	0,307 89	5,2218
162,37	6,50	4,940 00	67,164	3,2761	0,305 24	5,2671
163	6,6025	5,017 91	68,223	3,3230	0,300 94	5,3424
164	6,7697	5,144 97	69,951	3,3993	0,294 18	5,4651
165	6,9402	5,274 54	71,712	3,4770	0,287 61	5,5900
165,34	7	5,320 00	72,330	3,5042	0,285 37	5,6338
166	7,1141	5,406 69	73,509	3,5559	0,281 22	5,7169
167	7,2913	5,541 43	75,341	3,6363	0,275 01	5,8461
168	7,4721	5,678 82	77,209	3,7171	0,269 03	5,9760
168,15	7,5	5,700 00	77,497	3,7306	0,268 06	5,9977
169	7,6564	5,818 90	79,113	3,8011	0,263 09	6,1110
170	7,8443	5,961 66	81,054	3,8855	0,257 37	6,2468
170,84	8	6,080 00	82,663	3,9554	0,252 82	6,3594
171	8,0358	6,107 49	83,033	3,9714	0,251 80	6,3848
172	8,2309	6,255 48	85,049	4,0586	0,246 39	6,5252
173	8,4297	6,406 60	87,104	4,1474	0,241 12	6,6678
173,35	8,5	6,460 00	87,830	4,1786	0,239 31	6,7181
174	8,6323	6,560 55	89,197	4,2375	0,235 99	6,8127
175	8,8387	6,717 43	91,330	4,3292	0,230 99	6,9600
175,77	9	6,840 00	92,996	4,4006	0,227 24	7,0749
176	9,0490	6,877 22	93,502	4,4222	0,226 13	7,1097
177	9,2631	7,039 97	95,715	4,5168	0,221 40	7,2618
178	9,4812	7,205 72	97,968	4,6129	0,216 78	7,4162
178,08	9,5	7,220 00	98,163	4,6212	0,216 39	7,4296
179	9,7033	7,374 52	100,263	4,7105	0,212 29	7,5732
180	9,9295	7,546 39	102,600	4,8096	0,207 90	7,7325
180,34	10	7,600 00	103,329	4,8405	0,206 59	7,7824
181	10,1597	7,721 37	104,980	4,9103	0,203 65	7,8944
182	10,3944	7,899 52	107,402	5,0125	0,199 50	8,0588
183	10,6327	8,080 84	109,87	5,1163	0,195 45	8,2256
184	10,8755	8,265 40	112,37	5,2217	0,191 51	8,3954
184,50	11	8,360 00	113,66	5,2757	0,189 55	8,4819
185	11,1226	8,453 23	114,93	5,3287	0,187 66	8,5674
186	11,3744	8,644 35	117,53	5,4373	0,183 94	8,7417
187	11,6300	8,838 82	120,17	5,5475	0,180 26	8,9189
188	11,8903	9,036 68	122,86	5,6594	0,176 70	9,0987
188,44	12	9,120 00	123,99	5,7065	0,175 23	9,1744
189	12,1542	9,237 25	125,59	5,7725	0,173 24	9,2805
190	12,4246	9,442 70	128,38	5,8881	0,169 83	9,4664
191	12,6986	9,650 93	131,22	6,0050	0,166 53	9,6543
192	12,9772	9,862 71	134,09	6,1235	0,163 31	9,8449
192,08	13	9,880 00	134,33	6,1332	0,163 05	9,8605
193	13,2605	10,078 04	137,02	6,2438	0,160 16	10,0382
194	13,5487	10,297 01	140,00	6,3658	0,157 09	10,2344
195	13,8416	10,519 63	143,02	6,4895	0,154 10	10,4332
195,53	14	10,640 00	144,66	6,5563	0,152 53	10,5407
196	14,1394	10,745 95	146,10	6,6149	0,151 17	10,6349
197	14,4408	10,975 00	149,22	6,7415	0,148 34	10,8390

Digitized by Google

TEMPÉRATURE t	FORCE ÉLASTIQUE DE LA VAPEUR. en atmosphères N	en hauteur de mercure H	en hauteur d'eau $h=10P$	VAPEUR. Poids d'un m. cube q	Volume d'un kil. V	AIR. — Poids d'un m. cube Q
	atm.	mèt.	mèt.	kilog.	m. c.	kilog.
198°	14,7498	11,20982	152,41	6,8712	0,145 54	11,047
198,80	15	11,40000	154,89	6,9759	0,143 35	11,215
199	15,0625	11,44746	155,64	7,0020	0,142 82	11,257
200	15,3802	11,68896	158,92	7,1345	0,140 46	11,470
201	15,7031	11,93437	162,26	7,2689	0,137 57	11,686
201,90	16	12,16000	165,33	7,3923	0,135 28	11,885
202	16,0312	12,18369	165,65	7,4051	0,135 04	11,905
203	16,3645	12,43700	169,09	7,5432	0,132 57	12,127
204	16,7030	12 69430	172,59	7,6831	0,130 16	12,352
204,86	17	12,92000	175,66	7,8056	0,128 11	12,549
205	17,0469	12,95566	176,14	7,8249	0,127 80	12,580
206	17,3962	13,22142	179,75	7,9685	0,125 49	12,811
207	17,7510	13,49075	183,42	8,1141	0,123 53	13,045
207,69	18	13,68000	185,99	8,2161	0,121 71	13,209
208	18,1112	13,76453	187,14	8,2615	0,121 04	13,282
209	18,4770	14,04252	190,92	8,4108	0,118 89	13,522
210	18,8484	14,32480	194,76	8,5621	0,116 79	13,766
210,40	19	14,44000	196,33	8,6238	0,115 96	13,865
211	19,2254	14,61132	198,65	8,7158	0,114 73	14,013
212	19,6084	14,90222	202,61	8,8705	0,112 73	14,261
213	19,9967	15,19748	206,62	9,0276	0,110 77	14,514
213,01	20	15,20000	206,66	9,0289	0,110 75	14,516
214	20,3910	15,49747	210,70	9,1867	0,108 85	14,769
215	20,7912	15,80133	214,83	9,3478	0,106 977	15,029
215,51	21	15,96000	216,99	9,4318	0,106 024	15,164
216	21,1973	16,10994	219,03	9,5109	0,105 143	15,294
217	21,6094	16,42315	223,29	9,6760	0,103 349	15,556
217,93	22	16,72000	227,32	9,8322	0,101 707	15,807
218	22,0275	16,74090	227,61	9,8431	0,101 594	15,825
219	22,4547	17,06329	231,99	10,0122	0,099 878	16,097
220	22,8824	17,39036	236,44	10,1834	0,098 199	16,372
220,27	23	17,48000	237,66	10,2303	0,097 749	16,447
221	23,3186	17,72243	240,95	10,3566	0,096 556	16,651
222	23,7614	18,05864	245,52	10,5349	0,094 949	16,932
222,53	24	18,24000	247,99	10,6263	0,094 106	17,084
223	24,2104	18,39994	250,16	10,7093	0,093 376	17,218
224	24,6659	18,74607	254,87	10,8888	0,091 837	17,506
224,72	25	19,00000	258,32	11,0203	0,090 741	17,718
225	25,1277	19,09704	259,64	11,0704	0,090 334	17,798
226	25,5960	19,45292	264,48	11,2541	0,088 857	18,093
226,85	26	19,76000	268,66	11,4123	0,087 625	18,348
227	26,0707	19,81376	269,39	11,4398	0,087 413	18,392
228	26,5521	20,17961	274,36	11,6278	0,086 001	18,694
228,92	27	20,52000	278,99	11,7996	0,084 749	18,970
229	27,0401	20,55048	279,40	11,8179	0,084 617	19,000
230	27,5347	20,92640	284,51	12,0102	0,083 263	19,309

Digitized by Google

Tableau des poids de vapeur et d'air contenus dans un mètre cube d'air saturé à différentes températures sous la pression atmosphérique 0m,76; du poids de ce mètre cube d'air saturé; de la chaleur contenue dans un mètre cube d'air saturé; du poids d'air pour dissoudre 1 kilog. de vapeur, et du poids d'un mètre cube d'air sec.

Température t.	TENSION		POIDS			CHALEUR			POIDS d'air pour 1 kil. de vapeur	POIDS de 1 m. cub. d'air sec
	de la vapeur H	de l'air $0,76-H$	de la vapeur q	de l'air q'	total $q''=q+q'$	de la vapeur C	de l'air c	totale. $C+c$	Q_1	Q_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	mèt.	mèt.	kilog.	kilog.	kilog.	unités.	unités.	unités.	kilog.	kilog.
0°	0,0046	0,7554	0,0049	1,2854	1,2903	2,9528	0,0000	2,9528	264,02	1,2932
1	0,0049	0,7551	0,0052	1,2801	1,2853	3,1610	0,3043	3,4653	245,73	1,2885
2	0,0053	0,7547	0,0056	1,2748	1,2804	3,3820	0,6061	3,9881	228,85	1,2838
3	0,0057	0,7543	0,0060	1,2695	1,2755	3,6162	0,9053	4,5215	213,24	1,2791
4	0,0061	0,7539	0,0064	1,2654	1,2718	3,8648	1,2032	5,0680	198,98	1,2745
5	0,0065	0,7535	0,0068	1,2589	1,2657	4,1290	1,4963	5,6253	185,39	1,2699
6	0,0070	0,7530	0,0072	1,2537	1,2609	4,4085	1,7880	6,1965	173,00	1,2653
7	0,0075	0,7525	0,0077	1,2486	1,2563	4,7063	2,0776	6,7839	161,48	1,2611
8	0,0080	0,7520	0,0082	1,2431	1,2513	5,0195	2,3638	7,3833	150,80	1,2563
9	0,0086	0,7514	0,0088	1,2377	1,2465	5,3548	2,6488	8,0006	140,90	1,2518
10	0,0092	0,7508	0,0094	1,2324	1,2418	5,7033	2,9293	8,6326	131,74	1,2474
11	0,0098	0,7502	0,0100	1,2270	1,2370	6,0750	3,2082	9,2832	123,17	1,2430
12	0,0105	0,7495	0,0106	1,2216	1,2322	6,4680	3,4845	9,9525	115,24	1,2386
13	0,0112	0,7488	0,0113	1,2162	1,2275	6,8833	3,7581	10,6414	107,86	1,2343
14	0,0119	0,7481	0,0120	1,2107	1,2227	7,3214	4,0290	11,3504	101,001	1,2300
15	0,0127	0,7473	0,0127	1,2052	1,2179	7,7845	4,2973	12,0818	94,640	1,2257
16	0,0135	0,7465	0,0135	1,1997	1,2132	8,2729	4,5627	12,8356	88,660	1,2215
17	0,0144	0,7456	0,0144	1,1941	1,2085	8,7898	4,8254	13,6152	83,120	1,2172
18	0,0154	0,7446	0,0152	1,1885	1,2037	9,3306	5,0853	14,4159	77,956	1,2131
19	0,0163	0,7437	0,0162	1,1829	1,1991	9,9023	5,3423	15,2446	73,142	1,2089
20	0,0174	0,7426	0,0171	1,1772	1,1943	10,5046	5,5964	16,1010	68,654	1,2047
21	0,0185	0,7415	0,0182	1,1725	1,1907	11,149	5,8529	17,002	64,457	1,2018
22	0,0197	0,7403	0,0193	1,1656	1,1849	11,806	6,0955	17,902	60,545	1,1966
23	0,0209	0,7391	0,0204	1,1598	1,1802	12,507	6,3405	18,848	56,888	1,1925
24	0,0222	0,7378	0,0216	1,1538	1,1754	13,245	6,5823	19,827	53,474	1,1885
25	0,0236	0,7364	0,0228	1,1478	1,1706	14,020	6,8208	20,844	50,276	1,1845
26	0,0250	0,7350	0,0241	1,1417	1,1658	14,834	7,0561	21,890	47,290	1,1805
27	0,0265	0,7335	0,0255	1,1356	1,1611	15,690	7,2879	22,978	44,492	1,1766
28	0,0281	0,7319	0,0270	1,1293	1,1563	16,587	7,5163	24,103	41,873	1,1727
29	0,0298	0,7302	0,0285	1,1230	1,1515	17,530	7,7414	25,274	39,419	1,1688
30	0,0315	0,7285	0,0301	1,1166	1,1467	18,517	7,9633	26,479	37,123	1,1649
31	0,0334	0,7266	0,0317	1,1101	1,1418	19,553	8,1797	27,733	34,968	1,1611
32	0,0354	0,7246	0,0335	1,1034	1,1369	20,638	8,3932	29,031	32,948	1,1573
33	0,0374	0,7226	0,0353	1,0967	1,1320	21,775	8,6027	30,378	31,053	1,1535
34	0,0396	0,7204	0,0372	1,0899	1,1271	22,965	8,8081	31,773	29,275	1,1497
35	0,0418	0,7182	0,0393	1,0829	1,1222	24,246	9,0093	33,255	27,565	1,1460
36	0,0442	0,7158	0,0413	1,0758	1,1171	25,545	9,2064	34,751	26,036	1,1423
37	0,0467	0,7133	0,0435	1,0686	1,1121	26,879	9,3985	36,278	24,561	1,1386
38	0,0493	0,7107	0,0458	1,0613	1,1071	28,304	9,5862	37,890	23,176	1,1349
39	0,0520	0,7080	0,0482	1,0538	1,1020	29,795	9,7694	39,564	21,872	1,1313
40	0,0549	0,7051	0,0507	1,0462	1,0969	31,351	9,9471	41,298	20,646	1,1276
41	0,0579	0,7021	0,0533	1,0384	1,0917	32,977	10,1199	43,097	19,492	1,1241
42	0,0611	0,6989	0,0560	1,0305	1,0865	34,674	10,2875	44,962	18,405	1,1205
43	0,0643	0,6957	0,0588	1,0224	1,0812	36,446	10,4497	46,896	17,381	1,1169
44	0,0678	0,6922	0,0618	1,0141	1,0759	38,294	10,6061	48,900	16,417	1,1134

Digitized by Google

Température t.	TENSION		POIDS			CHALEUR			POIDS D'AIR pour 1 kilog. de vapeur	POIDS de 1 m. cube d'air sec
	de la vapeur H	de l'air 0,76 — H	de la vapeur q	de l'air q'	total q''=q+q'	de la vapeur C	de l'air c	totale C+c	Q_1	Q_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	mèt.	mèt.	kilog.	kilog.	kilog.	unités.	unités.	unités.	kilog.	kilog.
45°	0,0714	0,6886	0,0648	1,0056	1,0704	40,221	10,7577	50,979	15,507	1,1099
46	0,0752	0,6848	0,0684	0,9970	1,0654	42,234	10,904	53,132	14,619	1,1064
47	0,0791	0,6809	0,0714	0,9882	1,0596	44,324	11,040	55,361	13,844	1,1029
48	0,0832	0,6768	0,0749	0,9791	1,0540	46,506	11,172	57,678	13,077	1,0995
49	0,0875	0,6725	0,0785	0,9699	1,0484	48,778	11,297	60,075	12,357	1,0964
50	0,0920	0,6680	0,0824	0,9604	1,0427	51,143	11,415	62,553	11,676	1,0927
51	0,0967	0,6633	0,0862	0,9507	1,0369	53,605	11,526	65,131	11,033	1,0893
52	0,1015	0,6585	0,0902	0,9409	1,0311	56,166	11,629	67,795	10,425	1,0859
53	0,1066	0,6534	0,0945	0,9307	1,0252	58,834	11,725	70,556	9,8505	1,0826
54	0,1119	0,6481	0,0989	0,9203	1,0192	61,604	11,813	73,414	9,3074	1,0793
55	0,1175	0,6425	0,1034	0,9097	1,0131	64,480	11,893	76,373	8,7934	1,0760
56	0,1232	0,6368	0,1082	0,8988	1,0070	67,472	11,964	79,436	8,3055	1,0727
57	0,1293	0,6307	0,1131	0,8876	1,0007	70,580	12,026	82,606	7,8457	1,0695
58	0,1355	0,6245	0,1183	0,8761	0,9944	73,807	12,079	85,886	7,4094	1,0662
59	0,1420	0,6180	0,1235	0,8644	0,9879	77,157	12,122	89,279	6,9964	1,0630
60	0,1488	0,6112	0,1294	0,8524	0,9815	80,642	12,157	92,799	6,6042	1,0599
61	0,1558	0,6042	0,1348	0,8400	0,9748	84,213	12,179	96,422	6,2328	1,0566
62	0,1632	0,5968	0,1407	0,8273	0,9680	87,985	12,192	100,177	5,8806	1,0535
63	0,1708	0,5892	0,1468	0,8143	0,9611	91,864	12,194	104,058	5,5464	1,0503
64	0,1787	0,5813	0,1532	0,8010	0,9544	95,887	12,185	108,072	5,2293	1,0472
65	0,1869	0,5734	0,1597	0,7873	0,9470	100,055	12,164	112,219	4,9282	1,0444
66	0,1955	0,5645	0,1666	0,7732	0,9398	104,373	12,131	116,504	4,6424	1,0410
67	0,2044	0,5556	0,1736	0,7588	0,9325	108,84	12,085	120,93	4,3708	1,0380
68	0,2136	0,5464	0,1809	0,7441	0,9250	113,48	12,027	125,51	4,1127	1,0349
69	0,2232	0,5368	0,1885	0,7289	0,9174	118,27	11,955	130,23	3,8674	1,0319
70	0,2331	0,5269	0,1963	0,7133	0,9096	123,23	11,869	135,10	3,6342	1,0289
71	0,2434	0,5166	0,2044	0,6973	0,9017	128,37	11,769	140,14	3,4124	1,0259
72	0,2541	0,5059	0,2127	0,6809	0,8936	133,67	11,654	145,32	3,2014	1,0229
73	0,2651	0,4949	0,2213	0,6641	0,8854	139,16	11,524	150,68	3,0005	1,0199
74	0,2766	0,4834	0,2302	0,6468	0,8771	144,84	11,378	156,22	2,8093	1,0170
75	0,2885	0,4715	0,2395	0,6294	0,8686	150,70	11,215	161,92	2,6273	1,0141
76	0,3008	0,4592	0,2490	0,6109	0,8599	156,76	11,036	167,80	2,4538	1,0112
77	0,3136	0,4464	0,2588	0,5922	0,8510	163,03	10,839	173,87	2,2885	1,0083
78	0,3268	0,4332	0,2689	0,5731	0,8420	169,49	10,6248	180,11	2,1310	1,0054
79	0,3405	0,4195	0,2794	0,5534	0,8328	176,17	10,3916	186,56	1,9809	1,0025
80	0,3546	0,4054	0,2904	0,5332	0,8233	183,06	10,1392	193,20	1,8376	0,9997
81	0,3693	0,3907	0,3013	0,5125	0,8138	190,17	9,8674	200,04	1,7010	0,9968
82	0,3844	0,3756	0,3128	0,4912	0,8040	197,96	9,5746	207,53	1,5706	0,9940
83	0,4001	0,3599	0,3246	0,4694	0,7940	205,08	9,2609	214,34	1,4462	0,9912
84	0,4163	0,3437	0,3368	0,4470	0,7838	212,88	8,9256	221,81	1,3274	0,9885
85	0,4330	0,3270	0,3493	0,4241	0,7734	220,93	8,5678	229,50	1,2139	0,9857
86	0,4503	0,3097	0,3623	0,4005	0,7628	229,23	8,1870	237,42	1,1055	0,9829
87	0,4682	0,2918	0,3756	0,3763	0,7519	237,78	7,7823	245,56	1,0019	0,9802
88	0,4867	0,2733	0,3894	0,3515	0,7409	246,59	7,3534	253,94	,9029	0,9775
89	0,5058	0,2542	0,4035	0,3261	0,7296	255,67	6,8986	262,57	0,8082	0,9748
90	0,5255	0,2345	0,4180	0,3000	0,7180	265,02	6,4184	271,44	0,7176	0,9721
91	0,5458	0,2142	0,4330	0,2733	0,7063	274,65	5,9107	280,56	0,6310	0,9694
92	0,5668	0,1932	0,4484	0,2458	0,6942	284,56	5,3756	289,94	0,5482	0,9668
93	0,5884	0,1716	0,4643	0,2177	0,6820	294,76	4,8124	299,57	0,4688	0,9644
94	0,6107	0,1493	0,4806	0,1888	0,6694	305,26	4,2195	309,48	0,3929	0,9645
95	0,6338	0,1262	0,4974	0,1592	0,6566	316,06	3,5964	349,66	0,3202	0,9589
96	0,6575	0,1025	0,5146	0,1289	0,6435	327,18	2,9420	330,12	0,2505	0,9563
97	0,6820	0,0780	0,5323	0,0978	0,6302	338,61	2,2559	340,87	0,1838	0,9537
98	0,7073	0,0527	0,5505	0,0660	0,6165	350,37	1,5369	351,91	0,1198	0,9514
99	0,7333	0,0267	0,5693	0,0333	0,6026	362,45	0,7154	363,17	0,0585	0,9485
100	0,7600	0,0000	0,5884	0,0000	0,5884	374,82	0,0000	374,82	0,0000	0,9460

Digitized by Google

894. L'empressement avec lequel est accueillie ma proposition d'abandonner les degrés Baumé (§ 122) m'engage à donner les tables de concordance des densités avec les degrés de l'aréomètre de Baumé courant (1).

I — DEGRÉS BAUMÉ EN DEGRÉS DENSIMÉTRIQUES.

Degrés Baumé.	Densités.	Degrés densimétriques.	Degrés Baumé.	Densités.	Degrés densimétriques.
0	1.0000	0.00	37	1.3447	34.47
1	1.0069	0.69	38	1.3574	35.74
2	1.0140	1.40	39	1.3703	37.03
3	1.0212	2.12	40	1.3834	38.34
4	1.0285	2.85	41	1.3968	39.68
5	1.0358	3.58	42	1.4105	41.05
6	1.0434	4.34	43	1.4244	42.44
7	1.0510	5.10	44	1.4386	43.86
8	1.0587	5.87	45	1.4531	45.31
9	1.0665	6.65	46	1.4678	46.78
10	1.0744	7.44	47	1.4828	48.28
11	1.0825	8.25	48	1.4984	49.84
12	1.0907	9.07	49	1.5141	51.41
13	1.0990	9.90	50	1.5301	53.01
14	1.1074	10.74	51	1.5466	54.66
15	1.1160	11.60	52	1.5633	56.33
16	1.1247	12.47	53	1.5804	58.04
17	1.1335	13.35	54	1.5978	59.78
18	1.1425	14.25	55	1.6158	61.58
19	1.1516	15.16	56	1.6342	63.42
20	1.1608	16.08	57	1.6529	65.29
21	1.1702	17.02	58	1.6720	67.20
22	1.1798	17.98	59	1.6916	69.16
23	1.1896	18.96	60	1.7116	71.16
24	1.1995	19.95	61	1.7322	73.22
25	1.2095	20.95	62	1.7532	75.32
26	1.2198	21.98	63	1.7748	77.48
27	1.2301	23.01	64	1.7969	79.69
28	1.2407	24.07	65	1.8195	81.95
29	1.2515	25.15	66	1.8428	84.28
30	1.2624	26.24	67	1.8666	86.66
31	1.2736	27.36	68	1.8911	89.11
32	1.2849	28.49	69	1.9162	91.62
33	1.2965	29.65	70	1.9420	94.20
34	1.3082	30.82	71	1.9687	96.87
35	1.3202	32.02	72	1.9957	99.57
36	1.3324	33.24	73	2.0237	102.37

(1) Celui qui existe dans le commerce et dont le 66e degré répond à la densité 1.8428; on n'aura de la sorte aucune peine à faire usage des degrés du densimètre employé avec grande raison par la régie pour les jus, et qui doit l'être pour tous les liquides, sirops, mélasses, etc.

Digitized by Google

II. — DEGRÉS DENSIMÉTRIQUES EN DEGRÉS BAUMÉ.

Degrés densimétriques.	Densités.	Degrés Baumé.	Degrés densimétriques.	Densités.	Degrés Baumé.
0	1.000	0.00			
1	1.010	1.43	51	1.510	48.74
2	1.020	2.83	52	1.520	49.37
3	1.030	4.20	53	1.530	49.99
4	1.040	5.55	54	1.540	50.60
5	1.050	6.56	55	1.550	51.21
6	1.060	8.17	56	1.560	51.80
7	1.070	9.44	57	1.570	52.39
8	1.080	10.69	58	1.580	52.97
9	1.090	12.01	59	1.590	53.55
10	1.100	13.12	60	1.600	54.12
11	1.110	14.30	61	1.610	54.68
12	1.120	15.46	62	1.620	55.23
13	1.130	16.60	63	1.630	55.81
14	1.140	17.72	64	1.640	56.32
15	1.150	18.82	65	1.650	56.85
16	1.160	19.90	66	1.660	57.38
17	1.170	20.97	67	1.670	57.89
18	1.180	22.01	68	1.680	58.41
19	1.190	23.04	69	1.690	58.92
20	1.200	24.05	70	1.700	59.42
21	1.210	25.04	71	1.710	59.92
22	1.220	26.02	72	1.720	60.41
23	1.230	26.98	73	1.730	60.89
24	1.240	27.90	74	1.740	61.37
25	1.250	28.86	75	1.750	61.85
26	1.260	29.78	76	1.760	62.31
27	1.270	30.68	77	1.770	62.78
28	1.280	31.57	78	1.780	63.24
29	1.290	32.44	79	1.790	63.69
30	1.300	33.30	80	1.800	64.14
31	1.310	34.15	81	1.810	64.58
32	1.320	34.98	82	1.820	65.02
33	1.330	35.81	83	1.830	65.45
34	1.340	36.62	84	1.840	65.88
35	1.350	37.41	85	1.850	66.30
36	1.360	38.20	86	1.860	66.72
37	1.370	38.97	87	1.870	67.14
38	1 380	39.74	88	1.880	67.55
39	1.390	40.49	89	1.890	67.96
40	1.400	41.23	90	1.900	68.36
41	1.410	41.96	91	1.910	68.75
42	1.420	42.68	92	1.920	69.15
43	1.430	43.29	93	1.930	69.54
44	1.440	44.09	94	1.940	69.92
45	1.450	44.79	95	1.950	70.30
46	1.460	45.47	96	1.960	70.68
47	1.470	46.28	97	1.970	71.06
48	1.480	46.80	98	1.980	71.43
49	1.490	47.46	99	1.990	71.79
50	1.500	48.10	100	2.000	72.15

Ainsi jusqu'à 40 degrés, le degré densimétrique correspond à un degré Baumé, d'un chiffre plus élevé; mais à partir de 44 c'est le contraire. Les degrés Baumé n'ont aucun rapport simple avec les densités.

Digitized by Google

CHAPITRE X

DÉCOLORATION

EMPLOI DU NOIR ANIMAL

895. Les jus amenés, dans le triple-effet, à la densité de 21 degrés sont, en général, dans le plus complet état d'altération qu'ils puissent subir par la double action de la chaleur et des alcalis; à un autre point de vue, leur densité, devenue assez grande, pour rendre de nouvelles altérations peu sensibles, ne l'est pas encore assez pour gêner beaucoup leur filtration. C'est donc le *temps* le plus favorable pour leur enlever leur matière colorante et une partie notable d'autres impuretés, en les filtrant sur du noir décolorant.

Le noir animal, ou noir d'os, est le produit de la calcination des os de tous les animaux supérieurs (mammifères). Ce produit contient du charbon, mais en petite quantité. Son analyse donne :

	Bussy.		Heintz.
Phosphate de chaux, $PhO^5(CaO)^3$	»	78	74.763
Carbonate de chaux, $CO^2.CaO$	»	8	9.063
Sulfure de calcium, CaS	88 fluorure		3.492
Sulfure de fer, FeS	PhO^5 MgO		2.682
Oxyde de fer, FeO		4	
Carbonate de fer silicé	2		»
Carbone	10	10	10.000
	100	100	100.000

Ce dixième de carbone suffit pour lui donner une couleur noire, aussi intense que celle des charbons, presque entièrement

Digitized by Google

formés de carbone. Elle l'est même plus ; le *noir d'ivoire* des peintres est du noir d'os finement pulvérisé.

896. La puissance décolorante du noir animal est due à des causes nombreuses et complexes. Les sels, dont le carbone est mêlé, jouent eux-mêmes un rôle direct dans la décoloration, surtout le phosphate. Il semblerait facile d'augmenter le pouvoir décolorant en dissolvant les matières étrangères, comme on peut le faire avec l'acide chlorhydrique étendu, à froid d'abord, à chaud ensuite. Si ce pouvoir dépendait du charbon seul, il devrait devenir dix fois plus grand. Loin de là, il l'est seulement une fois et demie (1). L'opération n'est pas avantageuse en tenant compte de la quantité. Le pouvoir 10×1 est réduit à $1 \times 1{,}5$ ou de 100 à 15. Un autre charbon a donné de 100 à 30.

La calcination avec des alcalis augmente la puissance décolorante, sans causer une perte de poids notable.

897. Voici les résultats comparatifs de l'action de divers charbons sur une dissolution de mélasse au 1/20, en ramenant cette action au même poids — d'après Bussy.

Charbon de sang calciné avec potasse	100
— d'os (acide chlorhydrique et potasse)	100
— de gélatine (potasse)	77.4
— d'albumine (potasse)	77.5
— de sang (calciné avec craie)	55
— noir de fumée (potasse)	53
— de sang (calciné avec phosphate de chaux)	50
— de carbonate de soude et phosphore	44
— de fécule (calciné avec potasse)	44
— d'acétate de potasse	22
— noir de fumée calciné	16.5
— d'huile (végétale ou animale, calcinée avec phosphate de chaux)	9.5
— d'os (traité par l'acide chlorhydrique	8
— d'os brut	5

Ces résultats n'ont pas une valeur fixe ; le charbon de sang peut

(1) Bussy, *Journ. de pharm.* [2], VIII, 26.

Digitized by Google

offrir un pouvoir de 250 en faisant la comparaison avec une autre couleur, l'indigo.

898. Filhol a étudié quelques autres matières décolorantes en comparant leur action, d'une part à celle du noir, et de l'autre à des liquides plus voisins de la mélasse que l'indigo (1). Il a d'ailleurs opéré à froid et à chaud, avec un instrument perfectionné, le colorimètre Collardeau, très-analogue à celui dont nous avons parlé. Le poids de matière décolorante a toujours été le dixième du poids de la substance colorée. Tous les résultats sont rapportés à ceux dont le noir animal est capable après lavage, avec l'acide chlorhydrique, sans chauffer, puis avec de l'eau distillée.

899. Le noir animal est supérieur à toutes les autres substances, excepté l'oxyde de plomb, pour décolorer la mélasse. Encore cette supériorité n'existe-t-elle plus à chaud. Voici le tableau des résultats :

	MÉLASSE.		VIN ROUGE.		TOURNESOL.	
	Froid.	Ebullition.	Froid.	Ebullition.	Froid	Ebullition.
Noir animal lavé.....	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Carbonate de magnésie..	»	»	77.00	»	»	»
Alumine.....	23.07	42.18	60.60	56.74	116.00	»
Sesquioxyde de fer hydr.	51.91	56.24	54.54	72.72	128.90	96.86
Phosphate de chaux.....	49.13	42.10	»	42.18	109.00	90.28
Sulfate de baryte.....	46.15	25.96	»	25.96	»	»
Hydrate de plomb.....	103.83	79.41	»	79.41	»	»
Oxalate de plomb.....	75.52	25.96	»	25.96	»	»
Iodure de plomb.....	»	»	51.78	»	66.66	100.89
Litharge.....	»	»	»	»	66.66	20 17
Sulfure de plomb.....	78.26	84.37	87.25	84.37	»	»
Bioxyde de manganèse...	»	»	72.73	»	88.90	73.88
Chromate de plomb.....	80.76	»	»	»	70.40	60.54
Acide stannique.....	»	37.50	51.78	37.50	70.40	20.17
Sulfate de plomb.....	75.52	»	»	»	50.00	20.17
Bioxyde de plomb (puce).	51.91	»	»	»	»	»

On remarquera que, pour la mélasse, la chaleur augmente le pouvoir décolorant de :

(1) *Ann. de chim. et de phys.* [3], XXXV, 206.

Digitized by Google

L'alumine ;
Le sesquioxyde de fer hydraté ;
Le sulfure de plomb.

Elle diminue ce pouvoir pour le phosphate de chaux, le sulfate de baryte, l'hydrate de plomb, l'oxalate de plomb.

900. D'où vient en général le pouvoir décolorant ? Cette question n'est pas encore résolue d'une manière certaine. Il y a, entre la substance décolorante et le liquide à décolorer, plusieurs actions, actions chimiques et actions physiques. Presque toujours les dernières dominent.

901. *Actions physiques.* — Un grand nombre de corps poreux présentent le pouvoir décolorant, à un degré plus ou moins marqué. Le sulfate de baryte n'a probablement aucune action chimique sur la mélasse. Il la décolore presque à moitié, comparé au noir animal. Une ou deux substances du tableau peuvent être considérées comme exerçant une action chimique ; par exemple, le carbonate de magnésie dans le vin. Ce sel est décomposé : l'acide tartrique le change en tartrate et dégage l'acide carbonique ; mais la décoloration n'est pas due à cette action chimique en elle-même ; elle est causée par le carbonate de magnésie en excès, par une simple action physique, ce carbonate étant très-divisé. L'action physique peut donc être occasionnée par un corps poreux, comme le noir animal, ou un corps très-divisé (sulfate de baryte, carbonate de magnésie, etc.).

Dans les deux cas on admet une action moléculaire, ou atomique, une sorte d'attraction entre le corps décolorant et le *liquide* coloré, attraction assez forte pour lier les molécules des deux corps, non pas chimiquement, c'est-à-dire au point de ne pouvoir plus les séparer sans l'aide d'un agent de *décomposition*, mais seulement par un lien physique, une juxtaposition, *à distance plus grande que la distance chimique*, une rivure dont un agent mécanique suffit à écarter les deux parties. En d'autres termes, ces actions sont à la *limite physico-chimique*.

902. Pour le noir animal, qui est un mélange complexe, l'action est aussi très-compliquée. Elle dépend non-seulement du carbone,

Digitized by Google

partie la plus active, mais aussi des autres matières et, notamment, du phosphate de chaux dont le pouvoir est très-grand ; car s'il est seulement moitié de celui du noir avec la mélasse, il est plus fort d'un dixième avec le tournesol. Jusqu'à présent on n'a pas assez tenu compte de cette complexité : nous en verrons l'intérêt dans tout ce qui concerne le noir. Il faut surtout envisager l'état variable incessant du noir ; après avoir servi une première fois, on le lave et on le chauffe pour le *révivifier :* malgré les soins apportés dans ce travail, le noir ne reste pas le même, les proportions de phosphate de chaux et de carbonate de la même base diminuent, en général ; celle du noir augmente, d'autres éléments s'ajoutent, en petite quantité il est vrai ; en un mot, le noir animal ne reste pas lui-même, ce qui rend son étude on ne peut plus délicate.

La matière colorante des jus sucrés n'est pas la seule dont le noir les débarrasse ; il absorbe aussi d'autres matières solubles, plus nuisibles au but final de la fabrication, l'extraction du sucre en *cristaux* ou en *grains*. C'est même aux yeux du fabricant le principal titre du noir, car la couleur est loin de correspondre à une infériorité, tandis que les matières dont il s'agit, des sels pour la plupart, ou des alcalis, font sentir, d'un bout à l'autre de la fabrication et même après son accomplissement, une influence bien plus fâcheuse. Nous aurons donc à examiner l'action du noir sous deux points de vue très-différents : la décoloration et l'absorption des matières salines.

903. *Décoloration.* — La couleur des jus sucrés (betterave, canne, etc.) n'est pas simple : elle est due à deux corps très-distincts. Le premier est le composé, non encore isolé, dont nous avons parlé (§ 594) ; incolore dans la plante vivante, il devient rose, après le râpage ou l'écrasage, en s'unissant à l'oxygène de l'air, et passe peu à peu du rose au noir, si on laisse l'oxydation se produire sans obstacle. Le second est d'une nature différente ; c'est le corps brun dont nous avons fait l'étude (§ 151). Le premier est très-peu gênant, il est facilement enlevé, par la chaux, dans les écumes de défécation simple, ou de carbonatation, et il l'est sans retour. Le second est, au contraire, on ne peut plus fâcheux ; le noir l'absorbe et donne des liquides

Digitized by Google

complétement incolores, dans des conditions déterminées; mais une fois arraché du jus, il ne laisse pas le terrain libre : *uno avulso, non deficit alter*, une simple élévation de température en produit une quantité nouvelle et le produirait indéfiniment. C'est surtout contre lui que le noir et le mode de travail doivent être dirigés.

Parcourons le plus rapidement possible le tableau des faits relatifs à ces deux composés :

I. *Matière colorante rouge.* — Elle est probablement identique à celle du vin, nous l'avons dit (§ 594), et porterait comme elle le nom d'*œnocyanine* ou bleu de vin. Nous avons décrit ses plus intéressantes propriétés. Elle peut être enlevée par le noir, en traitant les jus avant toute défécation; 5 grammes de bon noir fin peuvent n'en rien laisser dans 1 litre de jus filtré. Le noir de mauvaise qualité lui-même l'absorbe, s'il n'est pas absolument inerte.

II. *Matière colorante brune.* — Elle est ordinairement simple et produite par les hexadefates (mélassates) alcalins (potasse, soude, chaux). Il faut, pour l'absorber, des quantités de noir plus grandes, et quand on l'a extraite, une nouvelle proportion, plus ou moins forte, est produite par l'influence de la chaleur, et, si la lumière a accès, par celle de la lumière elle-même. On le comprendra sans peine en se rappelant les faits indiqués (§ 149).

Mais les hexadéfates ne sont pas les seuls à donner une coloration brune; on peut en rencontrer une toute semblable par l'altération des *hexépates*, composés non moins faciles à modifier par la chaleur et par la lumière (§ 54).

Une troisième source doit peut-être attirer notre attention. Dans les opérations où la température de l'ébullition est trop longtemps maintenue, en présence des alcalis, les matières azotées produisent quelques dérivés colorés en brun; nous en avons cité un exemple (§ 591); l'albumine se colore avec les alcalis à chaud.

Ainsi, nous trouvons trois substances colorantes brunes au moins; au point de vue de l'action du noir; elles paraissent se comporter d'une seule et même manière; nous pouvons appliquer à l'une d'elles l'opinion inspirée par l'autre, ou les considérer comme une matière unique.

Digitized by Google

904. Pour étudier l'action du noir, il faut choisir un type défini de coloration. Prendre l'eau pure, *incolore*, serait une exagération, parce qu'il est à peu près impossible d'amener les jus à cet état. Prendre un jus déféqué n'est pas préférable ; à quelle nuance bien précise pourrions-nous fixer le type? La seule base pratique est de choisir, chaque fois, une nuance, à volonté, pour comparer les effets du noir, en suivant les méthodes indiquées dans le chapitre Analyses (§ 452). Ces comparaisons peuvent toujours donner une appréciation très-suffisante de la valeur du noir.

905. La décoloration produite dans un liquide donné, par un noir donné, dépend :

1° De la grosseur du grain.
2° De la quantité de noir employé.
3° De la qualité de ce noir.
4° De la concentration du liquide.
5° De la production méthodique du contact.

1° *Grosseur des grains de noir*. — En général, cette grosseur est déterminée par le passage dans des tamis formés avec des toiles métalliques de dimensions voulues, de 200 à 500 mailles par décimètre carré, ou de 14 à 22 mailles par décimètre linéaire. Les toiles servent à construire des blutoirs semblables à ceux en usage pour la farine de blé ; la production des grains est très-rapide ; la poussière est employée en raffinerie.

2° *Qualité du noir*. — L'influence en est évidente ; mais la définition précise de la qualité n'est pas très-simple ; pratiquement, elle se mesure, et on peut en avoir une idée nette par les faits suivants. Traitons un même volume d'une dissolution de mélasse (50 grammes mis à 1 litre avec de l'eau pure) par un même poids de différents noirs, pendant un même temps : soit 100 centimètres cubes de dissolution par 10 grammes de chaque noir, pendant une heure ; nous trouverons :

Noir neuf, calciné au moment même	80
Noir neuf d'une fabrique A	72
Noir neuf d'une fabrique B	68

Digitized by Google

Noir neuf d'une fabrique C.	71
Noir employé deux fois	65
Noir employé dix fois, gardant 9 de CaO	42
Noir employé quinze fois, gardant 4 de CaO	26

3° *Quantité du noir.* — Cette source d'influence est aussi évidente; mais il est bon de la faire ressortir par des expériences. Un même volume de dissolution de mélasse a été traité par des quantités diverses de noirs, différents de qualité, mais passés au même tamis et laissés en action pendant le même temps.

On trouve la couleur, prise pour 100, réduite :

Avec 10 centièmes, au maximum, de	16
20	23
30	34
40	39
50	46
60	53

La proportionnalité n'est pas rigoureuse, mais très-approximative.

4° *Concentration des jus.* — L'influence de la concentration est certaine. Lorsque sur un noir donné, dans un filtre, on fait passer d'abord du sirop, puis des jus, mode de travail habituel, on observe toujours une décoloration moindre dans le sirop. Celle du jus est au moins double, ou même triple, en ramenant, bien entendu, les deux produits à une même densité, 1050, par exemple.

Pourquoi cela? Ma théorie générale l'explique clairement. Dans la décoloration, il y a deux actions en balance : l'action du noir sur le liquide, l'action du liquide sur lui-même. Ces deux actions sont : la première, une *action de contact;* la seconde, une *action de mélange.* Supposons, entre la couche de noir et la couche de liquide en contact, une force absorbante de 12 de matière colorante ; cette force ne pourra être satisfaite par les deux liquides. Le sirop, d'une densité plus grande, aura par hypothèse une force de 9; il ne laissera prendre, par le noir, pas plus de 12—9 ou 3. Le jus, d'une densité plus faible, aura une force de 2 (entre ses couches de même épaisseur) il cédera 12 — 2 ou 10, ou 10/3 plus que le sirop.

5° *Production méthodique du contact.* — Le liquide à décolorer

Digitized by Google

peut être mis au contact d'une même masse de noir en des conditions très-variées. Ainsi la masse du noir peut être versée dans le liquide en un seul bloc, ou par parties. Une fois le mélange établi, le *temps* du contact peut être plus ou moins prolongé; au lieu de laisser les deux corps en repos, il est facile de les *agiter* pour favoriser leur action, en multipliant les points de contact. Pour obtenir ce dernier résultat, il n'est pas nécessaire de mettre les deux corps en mouvement; le noir peut être placé dans un vase plus ou moins allongé et rester immobile, tandis que le liquide, versé dans le vase, traverse la masse du noir avec une vitesse plus ou moins grande. Il est seul en mouvement, mais le résultat est le même, en lui donnant une vitesse suffisante. Les filtres des fabriques permettent de réaliser toutes ces conditions.

906. Pour la décoloration seule, il ne serait pas nécessaire de prendre la peine d'utiliser la méthode bien entière, de chercher à tirer du noir tout le parti possible, ou plutôt de l'employer jusqu'à décoloration *complète*, parce que la couleur des jus sucrés, devenue plus intense dans les sirops, ne reste pas aussi prononcée dans les sucres en grains, et surtout parce que cette couleur, envisagée longtemps comme un indice de qualité précis, n'a vraiment pas de rapport exact avec la pureté du sucre. Il est de principe naturel de faire disparaître la coloration; c'est une condition essentielle du raffinage; mais en fabrique les sucres destinés à ce raffinage ne peuvent être aucunement évalués par leur nuance (comme on l'a fait trop longtemps). Un sac de sucre de 100 kilogrammes peut être coloré, à un degré marqué, par une quantité de matière brune moindre de 1^{gr} (1/100 000) et ne contenir en outre pas plus de 1 kilogramme d'humidité, 1/100, et 500 grammes de sels divers, 1/200. Ce sucre, de très-bonne qualité, pourrait être très-coloré par le gramme de matière brune. Un autre sac du même poids peut être incolore, ou à très-peu près, et renfermer jusqu'à 10 et 20 kilogrammes de sels; 1/10 ou 1/5. Où conduit l'appréciation des deux nuances?

La production méthodique du contact n'a donc pas un grand intérêt pour la décoloration, mais elle en a un très-grand pour l'ab-

Digitized by Google

sorption des sels et des alcalis dont nous allons parler tout à l'heure. Nous lui donnerons à ce moment toute l'attention méritée.

907. Maintenant, avant d'abandonner la décoloration, disons encore un mot de l'état des matières colorantes absorbées par le noir. Elles ne sont modifiées chimiquement, ni les unes, ni les autres. On peut les retrouver intactes en les reprenant au noir par des dissolvants appropriés. Du jus de betterave traité par le noir lui cède sa couleur rouge (bleue en dehors de l'action des acides). Il suffit de traiter le noir, desséché, par de l'alcool à 85 degrés additionné de 4 à 5 millièmes d'acide tartrique. Les couleurs brunes, absorbées presque toujours à l'état de sels calcaires, demandent l'emploi de dissolutions alcalines bouillantes. Le noir, traité par une dissolution de soude caustique au 1/10, à peu près, donne, après une ébullition, de cinq à dix minutes, une nuance brune très-foncée, par l'abandon complet des acides bruns enlevés à la chaux; la dissolution de soude, filtrée, neutralisée par un acide, donne des flocons noirs, si l'altération de l'hexadéfate (mélassate) calcaire a été poussée au point de former de l'hexaféfate (ulmate § 151); elle reste limpide dans le cas contraire. Le meilleur moyen d'en extraire les corps bruns consiste à verser, dans la liqueur alcaline presque neutralisée, de l'acétate basique de plomb. Il se forme un précipité brunâtre; on le lave et, après l'avoir délayé dans de l'eau distillée, on le traite par l'hydrogène sulfuré, qui donne du sulfure de plomb, et de l'eau, en laissant les acides bruns à l'état de liberté. On filtre; la liqueur brune contient presque tout; mais le sulfure de plomb resté sur le filtre en retient une certaine quantité qu'il abandonne à l'alcool.

Examinons maintenant le pouvoir d'absorption du noir pour les alcalis et les sels. C'est un sujet d'une grande importance et dont l'étude est très-délicate.

908. *Absorption des alcalis et des sels.* — La première affirmation du pouvoir absorbant, dont le noir est doué pour la chaux a été faite par Payen en 1821 : « Si on projette du charbon animal dans ce liquide... l'acide carbonique, condensé en grande propor-

Digitized by Google

tion dans ce charbon, s'en dégage, au moment de son immersion dans le sirop, sature une partie de la chaux; le charbon entraîne aussi la précipitation de la chaux elle-même; en effet le sirop devient beaucoup moins alcalin et le charbon déposé contient une grande quantité de chaux. Tous les fabricants de sucre de betteraves ont pu vérifier ce fait. »

Depuis cette époque, elle a été reproduite par plusieurs chimistes et formellement niée par d'autres. Weiler a été jusqu'à écrire : « *C'est une hypothèse gratuite.* » Walkhoff et Stammer l'ont confirmée.

Walkhoff donne les nombres suivants : un jus contenant d'abord 0gr,34 de CaO dans 100 centimètres cubes a donné :

	Traitement carbonique. gr.		Simple concentration à D = 1075 gr.
Après l'acide carbonique.	0.09	Après contraction.....	0.245
Après 1re filtration.....	0.06	Après 1re filtration....	0.109
Après 2e filtration.....	0.04	Après 2e filtration.....	0.088

Stammer dit seulement : « D'abord le noir déchaule le jus », puis « l'alcalinité est sensiblement diminuée par suite de l'absorption des bases et de la chaux; il arrive même parfois que cette dernière est éliminée totalement, » et enfin « la proportion de chaux avait diminué de 91/100, » dans une expérience industrielle, avec des filtres contenant 2000 kilogrammes de noir.

Il serait donc impossible de contester le pouvoir d'absorber la chaux.

909. Les mêmes chimistes sont aussi affirmatifs au sujet de l'absorption des matières salines.

Stammer a trouvé :

Pour un jus contenant.....	5.08	de cendres (déduction faite de la chaux)
Après filtration.....	4.21	
Le noir avait donc enlevé..	0.87	ou 17.1 centièmes
Pour un sirop contenant...	4.98	
Il n'est pas resté plus de..	3.56	
La filtration avait enlevé...	1.42	ou 28.4 centièmes.

Il cite une étude de Rahe :

Digitized by Google

	JUS		SIROP		
	Avant.	Après.	Avant.	Après.	Eau de lavage.
Sucre.....	8.00	8.00	47.5	»	1.1
Mat. organiques...	0.56	0.48	2.6	2.4	0.1
Cendres.....	0.59	0.46	2.6	2.6	0.3
Chaux.....	0.07	0.04	»	»	»

910. Walkhoff a étudié l'absorption d'un grand nombre de sels : il a trouvé, en faisant passer 200 centimètres cubes de dissolution au 1/100 (c'est-à-dire contenant 2 grammes de la substance à étudier), sur 25 grammes de noir, une première diminution. Les 2 grammes étaient réduits à 1,416 par exemple ou 70,8/100. Il faisait un deuxième lavage avec 100 centimètres cubes d'eau distillée, entraînait ainsi 0,314 ou 15,7/100. Ce qui résistait était considéré comme mesure de la puissance du noir $100 - (70{,}8 + 15{,}7) = 13{,}5$.

	Quantité de substance				
Substances étudiées.	laissée dans les 200 cc.	reprise par 100 cc. d'eau.	Total.	Absorption.	
Potasse libre.....	70.8	15.7	86.5	13.5	à + 60°
— —	66.7	16.7	83.4	16.6	à + 15°
— —	66.0	17.5	83.5	16.5	
— —	46.5	33.5	80.0	20.0	50 grammes noir.
— carbonate...	50.0	25.0	75.0	25.0	
— —	58.0	18.6	76.6	23.4	
— —	68.4	15.0	76.4	23.6	noir mauvaise qualité.
— —	37.0	25.0	63.0	37.0	50 grammes noir.
— phosphate..	55.3	13.2	69.3	30.7	
— —	40.6	16.2	56.8	43.2	
— azotate.....	78.5	15.0	93.5	6.5	
— —	84.0	15.0	99.0	1.0	
— chlorure....	76.0	21.0	97.0	3.0	
— —	80.5	18.2	98.2	1.3	
— citrate.....	67.8	20.0	87.8	12.3	
— sulfate.....	59.0	18.6	77.6	22.4	
Soude carbonate...	52.5	23.5	76.0	24.0	
— —	59.1	22.6	81.7	18.3	à + 60°
— chlorure....	74.5	24.5	99.0	1.0	
— phosphate..	51.0	16.6	67.6	32.3	
— —	56.0	16.0	72.0	28.0	
— azotate.....	80.0	15.0	95.0	5.0	
— sulfate.....	63.0	16.6	79.6	20.4	
Magnésie sulfate...	42.5	8.5	91.0	49.0	

Digitized by Google

Authon attribue le pouvoir d'absorber la chaux à l'acide carbonique condensé dans les pores; il convient de laisser le noir à l'air, pendant 8 à 10 jours, pour atteindre le maximum d'acide carbonique, et ce maximum correspondrait à 4,4 de chaux pour 100 de noir (1).

Ces absorptions ne sont pas purement physiques. Il y a souvent une action chimique entre la substance exposée à l'action du noir et les sels calcaires, dont le noir est en très-grande partie formé. Valkhoff n'a pas méconnu ces actions chimiques; mais désirant surtout une conclusion immédiate pour la pratique, il n'en a pas tenu compte.

Il faut remarquer dans le tableau deux genres de sels qui paraissent échapper à l'absorption, les chlorures et les azotates. Les autres sont absorbés en proportion très-notable de 12, 2 à 43, 2 centièmes. Les phosphates offrent le maximum. Enfin la potasse caustique est absorbée comme la chaux : il en est probablement de même de la soude. Un lavage, avec un poids d'eau pure égal à quatre fois celui du noir, ne les enlève pas.

911. Le noir peut donc être considéré, d'une manière générale, comme un agent d'épuration des jus sucrés. Il absorbe en partie les sels et, *dans certains cas*, il augmente le rendement; l'importance de cette question m'oblige à entrer avec détail au vif du sujet. Il règne à cet égard une telle confusion dans les esprits, que la discussion approfondie me paraît inévitable. Les fabricants et les raffineurs admettent, comme article de foi, la règle exprimée par le coefficient 5. En d'autres termes, 1 de sel empêche la cristallisation de 5 de sucre. Je traiterai ce point le plus largement possible en parlant de la cuite en grain. Pour le moment il nous suffit de dire : le coefficient 5 est une erreur des plus grandes; il n'est établi pour aucun sel : *bien loin de nuire à la cristallisation, beaucoup de sels la favorisent.*

912. L'action absorbante du noir n'est donc pas toujours un bienfait; elle l'est dans un assez grand nombre de cas, soit; mais elle est parfois un méfait, ce dont nous devons bien nous pénétrer avant d'aller plus loin.

(1) *Journ. de pharm.* [3], LX, 240

Digitized by Google

Lorqu'elle est favorable, elle l'est diversement, puisqu'elle absorbe très-inégalement les sels, d'après le tableau : il en est de même quand elle est nuisible. Nous pourrions donc arrêter ici l'étude de l'action du noir, car il nous est évidemment impossible de distinguer clairement les influences contraires de sels nombreux, mal connus, et la compensation, plus ou moins parfaite, de ces influences contraires. Mais il faut mettre le doigt sur la plaie et presser un peu même pour rendre plus vif le besoin de la guérison.

913. Toutes les considérations présentées sur l'influence des sels ont une base variable. Un auteur allemand admet une égalité parfaite entre le poids total des sels et le poids de sucre dont la cristallisation est empêchée. 1 de sel rend incristallisable 1 de sucre, quel que soit le sel. C'est évidemment une erreur jusqu'à l'absurde; mais on n'est pas seul à s'écrier : *credo quia absurdum!* Plusieurs auteurs l'imitent et basent les calculs de rendement sur le poids des sels. Un jus contient 82 centièmes de sucre et 18 centièmes de sel. Son rendement dans la masse cuite sera 82 — 18 = 64 centièmes, et ce n'est pas tout; on croit pouvoir étudier l'épuration, pendant le travail, en déterminant, pour toutes les phases, le rapport du sucre à la totalité des sels, ou, plus exactement, des matières étrangères, du *non-sucre* en un seul mot. On trouve ce rapport d'une manière simple. On introduit dans le jus un densimètre très-délicat, mon *sucromètre* par exemple (§ 438), dont les degrés indiquent à la température ordinaire (+15°) les centièmes de sucre contenus dans de l'eau sucrée. Soit 15.4 le degré trouvé; on détermine, par les polarimètres, la richesse réelle en sucre, soit 12.2; on *admet* que les 15.4 observés au densimètre représentent un poids égal à celui du sucre pur qui les marquerait; et, puisque, d'après la polarisation, il existe seulement 12.2 de sucre réel, on admet, pour le poids des matières étrangères, ou non-sucre, 15.4—12.2=3.2. Les matières solides du jus peuvent être ainsi représentées par :

12.2	sucre.....	79.2
3.2	non-sucre.....	20.8
15.4		100.0

Digitized by Google

Le rendement de ce jus (en une masse cuite) sera $79.2 - 20.8 = 58.4$.

Cette méthode demande dix minutes pour les deux essais : elle est très-simple et aurait la plus grande importance si l'exactitude en était réelle. Malheureusement elle ne l'est pas et ne peut pas l'être. Il suffit, pour s'en convaincre, de considérer les mêmes résultats, non plus avec le coefficient 1, mais avec le coefficient 5, aussi justement applicable, puisque le non-sucre est entièrement salin, à bien peu près. Avec ce coefficient le rendement serait :

$$79.2 - 5 \times 20.8 = -24.8$$

Il y a plus ; quelques personnes admettent le coefficient 6 (il est plus exactement conforme à l'idée paternelle), et l'on a :

$$79.2 - 6 \times 20.8 = -45.6$$

Des résultats de ce genre ne supportent pas l'examen.

Toutefois, sous la réserve expliquée par ces observations, il n'est pas inutile de suivre l'étude de la fabrication par la méthode simple dont nous parlons. On trouve par exemple :

	Sucromètre Maumené.	Polarisation.	Sucre en centièmes de la masse dissoute.
Jus brut.....	15.4	12.2	79.2
Jus carbonaté.....	14.1	11.6	82.6
1re filtration.....	24.7	21.7	87.9
2e filtration.....	45.0	41.1	91.3

Ces résultats, présentés sur un papier quadrillé, comme on le fait dans tous les cas analogues, font apprécier, d'un coup d'œil, le progrès de la richesse saccharine relative ; et, malgré l'impossibilité d'une évaluation rigoureuse du rendement, ou même de la qualité des cuites, on en peut tirer, par comparaison, dans des conditions générales semblables, un aperçu vraiment utile sur la marche du travail.

914. A mes yeux, la grande utilité du noir vient surtout du pouvoir d'absorber les matières organiques mousseuses, ou mucilagineuses ; il absorbe de la chaux, mais on peut le remplacer par l'acide

Digitized by Google

carbonique ou un autre acide convenable. Il absorbe des sels; mais cette absorption, favorable dans plusieurs cas, ne l'est pas dans d'autres. Ce qui est toujours utile, c'est d'enlever aux jus ou sirops les matières mucilagineuses, dont la moindre trace produit des mousses épaisses, et plus tard des *cuites dormantes* : sous ce rapport le noir, en qualité de corps *poreux*, jouit d'une efficacité réelle; il peut être remplacé par des corps moins chers, je le dirai tout à l'heure; mais pour achever son étude, et pour le temps où il sera encore employé, traçons le tableau de ses propriétés utiles et donnons la marche à suivre pour le préparer et le *révivifier*.

915. Le noir préparé dans de bonnes conditions (la principale est de ne pas trop élever la température de calcination des os) présente les qualités suivantes :

Il est d'un beau noir neutre, ni bleu, ni brun, happant à la langue; ne cède à l'eau distillée ni acides, ni alcalis; possède une *densité apparente* assez faible. Sur ce point il est essentiel de ne laisser aucun malentendu : la densité apparente est le poids de l'unité de volume, du litre, par exemple, évalué [illegible] sans tenir compte des vides. On trouve dans cette condition *industrielle* :

1 litre de noir en grains neuf pèse.....		770 grammes	1
1 litre de noir vieux pèse de.....	900 à	1200	1.558

Schultz et Walkhoff ont obtenu des nombres concordants avec les miens.

Tous les fabricants reconnaissent, chaque jour, des chiffres compris dans ceux que j'indique : Un hectolitre de noir neuf, de première qualité, peut ne pas peser plus de 77 kilogrammes. Un hectolitre de noir souvent révivifié, devenu inactif, peut peser 120 kilogrammes. C'est une différence de 43 kilogrammes à l'hectolitre; couramment, le *noir moyen* pèse 100 kilogrammes, ou 1 kilogramme le litre, comme de l'eau.

Ces différences ne tiennent pas à la grosseur des grains : cette grosseur a peu d'influence; elles sont dues, pour la plus grande partie, à deux causes distinctes : 1° l'obstruction des pores à chaque révivification; 2° la contraction produite par la chaleur, soit en

Digitized by Google

raison de la hauteur du degré de température atteint dans une opération unique, soit en raison du temps d'exposition à un degré plus ou moins élevé, temps proportionnel au nombre des révivifications.

La densité réelle du noir est très-supérieure à sa densité apparente. Je l'ai trouvée de 2.89 à 2.94.

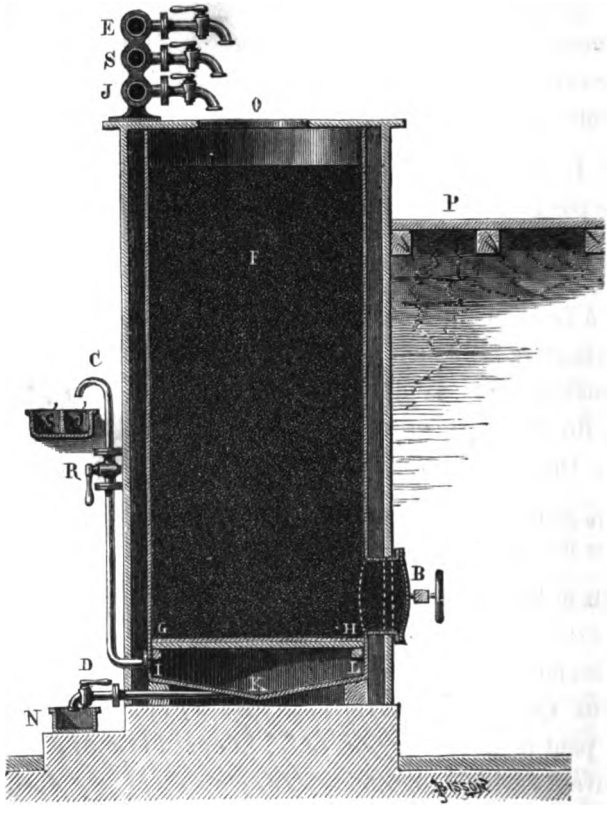


Fig. 192.

916. La manière d'employer le noir varie : dans les raffineries, on l'emploie en poussière assez fine, ou *noir fin ;* dans les fabriques ou sucreries, la poussière plus grosse, le *noir en grains* est seul mis en usage. On en remplit des cylindres et on fait passer les jus, ou sirops au travers du noir, comme au travers d'un filtre; on

Digitized by Google

appelle les cylindres *filtres à noir*. Ils sont ouverts en France ; en Allemagne, on les ferme presque partout.

917. *Filtres ouverts.* — La figure 192 représente la disposition généralement adoptée :

F est un filtre de $1^m,12$ de diamètre (1 mètre carré de section) et $2^m,50$ de hauteur, en tôle de fer enveloppée, de toutes parts, d'une chemise ou cage carrée en bois. On le charge par l'ouverture O, dans laquelle les cuiseurs de noir viennent verser, sac par sac, la quantité commandée, de 15 à 20 hectolitres. Le noir est retenu par une toile GH posée sur un faux fond en bois, ou en tôle percée de trous. La charge introduite, on la recouvre d'une autre toile destinée à retenir des débris entraînés par les jus. Ceux-ci viennent couler par le robinet J, lié à une conduite générale ; on en remplit le filtre, après avoir eu soin de fermer les robinets R et D. Lorsqu'on juge l'effet produit, on ouvre le robinet R et le jus s'écoule, par le col de cygne C, dans la rigole J' des jus. La filtration des sirops a lieu de la même manière ; ils sont amenés par une deuxième conduite générale S et sortent par le même col de cygne C, qui peut tourner à frottement sur l'extrémité supérieure du tube IK (1) pour les verser dans la rigole S des sirops. Enfin le lavage des filtres (on dit à tort le *dégraissage*) se fait très-aisément en amenant de l'eau par le robinet E d'une troisième conduite générale. Cette eau, soit après avoir séjourné quelque temps dans le filtre, les robinets R et D bien fermés, soit après avoir traversé le filtre sans arrêt, tombe par le tube DK soudé au vrai fond, dans une rigole ou nochère N, consacrée aux eaux de lavage. Celui-ci terminé, on *démonte* le filtre par le bouchon B ; le noir peut être extrait tout entier, reçu dans des brouettes et transporté à l'atelier de révivification.

Les rigoles aboutissent à des bacs d'attente où on puise les jus pour le triple-effet ; ou à un monte-jus conduisant les eaux de lavage à des chaudières de cuite spéciale.

918. Beaucoup de fabricants humectent le noir, avec de l'eau

(1) L'orifice I devrait être supprimé ; le tube IR devrait partir de K.

Digitized by Google

tiède, avant d'amener les jus; pour laver le noir et pour ne pas refroidir, on ouvre le robinet E pour donner l'eau, et le robinet D pour la conduire aux citernes de l'atelier des noirs. Aussitôt qu'elle coule en D, on arrête en E et on laisse faire l'égouttage. C'est le noir égoutté, contenant encore 35 à 50/100 de son poids d'eau, qui reçoit le liquide à filtrer.

Dans un grand nombre de fabriques, on amène d'abord du sirop par le robinet S, et après avoir fermé le robinet de décharge D on laisse couler le sirop par le col de cygne, la première eau dans la rigole J', le sirop dans la rigole S'. On distingue facilement les deux liquides au moyen du petit appareil densimétrique (fig. 161, p. 247); AI est un densimètre en verre lesté avec du plomb et du mercure. BCE une éprouvette à pied en cuivre : on la pose sur son pied, dans les rigoles, après l'avoir remplie de liquide au col de cygne; le densimètre indique le degré; en dehors du service on l'accroche, par son anse B, à un clou planté dans le bois de la cage. Au bout de huit heures, on remplace le sirop par du jus et on laisse couler ce jus pendant quatorze heures, ou seize, suivant le besoin. L'arrivée du jus fait sortir le sirop, toujours dans la rigole S', tant que la densité ne tombe pas au-dessous de 1,115 (ou 11°,5); à ce chiffre on tourne le col de cygne sur la rigole J', pour envoyer tout aux *bacs à jus*. Il y a là un des petits écueils de la fabrication. Ce mélange du sirop avec le jus est parfois regrettable. 10 hectolitres de sirop environ, d'une excellente qualité, peuvent être mêlés avec du jus de qualité très-inférieure, et dépréciés de beaucoup. En pareil cas, le seul remède consiste à chasser le sirop par de l'eau pure et à passer le jus dans un autre filtre. Mais ce remède est souvent aussi coûteux : il faut dépenser, pour évaporer l'eau, presque la somme équivalente à la dépréciation du sirop. Le coup d'œil des contremaîtres est en ce cas très-préférable.

Le jus cessant de filtrer, on procède au lavage du filtre. On ferme le robinet J, on ouvre E pour amener de l'eau (beaucoup de fabriques ont deux conduites, l'une d'eau chaude, l'autre d'eau froide). On laisse couler cette eau pendant le temps nécessaire à une dilution déterminée, non pas totale, comme il semble bon, mais seulement

Digitized by Google

au degré où il n'est plus avantageux de faire évaporer l'eau de lavage. Cela nécessite une explication.

919. Le noir, après son emploi, doit être conduit de suite aux ateliers de révivification ; qu'il reste mouillé d'un peu d'eau sucrée, cela n'a pas d'inconvénient, nous le verrons bientôt (§ 933). Nous n'avons donc pas à nous préoccuper de son lavage dans le filtre, pour lui-même ; le seul intérêt, c'est d'éviter une perte de sucre, et à cet égard il faut bien préciser les conditions à remplir. Il faut arrêter le lavage aussitôt qu'il devient une perte, et il en devient une aussitôt que les eaux de lavage ne peuvent plus être évaporées avec bénéfice. Cela est bien évident ; mais comment savoir où l'évaporation cesse d'être avantageuse ? Par un calcul simple, dont les éléments varient presque pour chaque fabrique. Un exemple le fera comprendre. Pouvons-nous évaporer de l'eau dont la densité serait abaissée à 1,100 ? D'après la table, § 25, un hectolitre de cette eau renferme seulement 2,900 grammes de sucre ou de sel,et par conséquent 101 kilogr. — 2,9 = 98^{kg},1 d'eau à évaporer ; nous avons donc une balance à faire entre le prix du sucre des 2^{kg},9 et la dépense de charbon pour évaporer 98^{kg},1 d'eau.

Le prix du sucre est l'élément le plus incertain : jamais le sucre des eaux de lavage ne peut être obtenu d'un haut prix ; la raison en est, d'un côté la détérioration inévitable du sucre pendant l'évaporation d'un liquide si riche en eau, et d'un autre côté l'abondance relative des sels dont nous avons à parler.

Le noir sortant d'un filtre, après vingt-quatre heures de service, est chargé de sels que l'eau de lavage lui enlève de mieux en mieux à mesure de la diminution de richesse en sucre. Voici les résultats des études faites sur ce sujet (méthode du § 452)

JUS					
1044		1050		1051	
Sels.	Chaux.	Sels.	Chaux.	Sels.	Chaux.
»	»	»	»	19.9	0.26
»	»	18.8	0.13	»	»
78.9	0.21	»	»	»	»

Digitized by Google

ment une partie du sucre en acides. Il y aurait là des causes de destruction vingt fois trop actives. Heureusement pour eux-mêmes, les prôneurs des filtres fermés n'en ont jamais fait l'usage avec cette

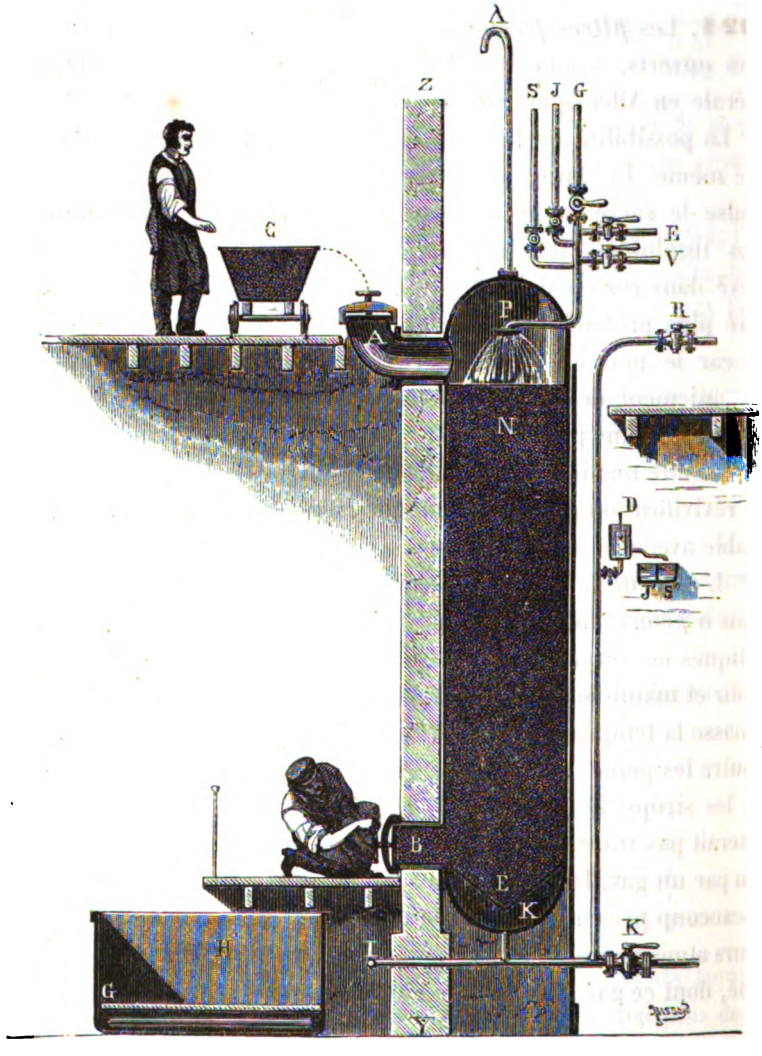


Fig. 193.

pression dont ils vantent les effets théoriques. Je leur souhaite de n'en jamais faire l'essai.

Digitized by Google

un poids d'eau de une fois et demie à deux fois le poids du noir, soit de 22 à 40 litres d'eau pour 100 de betteraves.

921. Les *filtres fermés* n'ont pas d'avantages sérieux sur les filtres ouverts, comme pourrait le faire supposer leur adoption générale en Allemagne. On met en leur faveur :

1° La possibilité de laver et même de révivifier le noir dans le filtre même. Le lavage à la vapeur n'est pas un avantage : s'il expulse le sucre ou les corps solubles, il ne chasse pas du tout les corps insolubles, le carbonate de chaux, etc. De plus, le sucre enlevé dans ces conditions est presque entièrement inverti, sinon altéré plus profondément encore, et il est mêlé du maximum de sel, car le noir est dépouillé complétement dans ces conditions. Le maniement de la vapeur expose à des explosions et brûlures fréquentes, sans profit véritable d'aucune espèce. Jamais le noir lavé de cette manière ne fonctionne ensuite avec la puissance dont une révivification complète, en opérant au dehors du filtre, le rend capable avec des frais moindres.

2° L'effet de la pression sur l'absorption. Cet effet peut être admis *a priori;* mais il n'est pas démontré ; le fût-il, ses avantages pratiques ne seraient pas compensés par les inconvénients. Pour établir et maintenir la pression, il faudrait, ou entretenir dans toute la masse la température nécessaire à la vapeur, 153° par exemple, et outre les peines de tout genre, inévitables en pareil cas, on altérerait les sirops, les jus surtout, d'une manière si complète qu'il ne resterait pas trace de sucre extractible ; ou bien donner cette pression par un gaz, le gaz des fours si l'on veut : ce gaz ne serait pas à beaucoup près inerte. L'acide carbonique, à une pression de plusieurs atmosphères, exerce une action d'acide puissant (1) ; l'oxygène, dont ce gaz n'est jamais bien dépouillé, changerait certaine-

(1) Malaguti a démontré que l'acide carbonique de l'eau de Seltz et des solutions gazeuses, faites sous la pression de plusieurs atmosphères, rougit le tournesol comme un acide puissant. — J'ai montré de plus que les solutions, faites à la pression ordinaire, dans les liquides où le gaz est très-soluble, l'alcool à 80° par exemple, produisent la même acidité.

Digitized by Google

le sirop vient le jus, par le tube J, etc. Le filtre épuisé, on lave : quelques fabricants se contentent de faire emplir le filtre avec de l'eau pure, et expulser cette eau, d'un seul coup, par la vapeur ou par le gaz carbonique amené en G. On le conduit par le robinet X aux appareils d'évaporation, après quoi le filtre est démonté, comme à l'ordinaire, par l'ouverture B dont le tampon se manœuvre absolument comme celui de A. On voit dans cette disposition un avantage réel ; tout le service du noir est fait dans l'atelier du noir, et tout le service des liquides de l'autre côté du mur YZ.

922. On attache de l'importance à une production de contact sur laquelle on se fait vraiment illusion ; au lieu d'un seul filtre à grand diamètre, on croit gagner beaucoup à employer plusieurs filtres d'un petit diamètre pour donner à la masse du noir une grande longueur. On imagine augmenter l'action ; mais il est facile, avec un peu de réflexion, de sentir toute l'inanité de cette hypothèse. Pour un même volume de sirops ou de jus, on emploie la même masse de noir dans les deux cas. Si donc la longueur du cylindre de noir est plus grande (on fait passer le liquide d'un premier filtre à petit diamètre dans un deuxième, un troisième, etc., par le robinet R) ; la vitesse de filtration est plus grande aussi, et en définitive le temps du contact du liquide avec le noir est exactement le même. C'est donc là une simple apparence ; et il est bon de ne pas en être dupe. Dans un filtre à grand diamètre, où la vitesse est moins grande, mais où le liquide marche toujours vers un noir moins chargé, tous les efforts sont les mêmes et les avantages vraiment égaux.

Une forme de cône renversé me paraît donner à la filtration une grande efficacité ; les jus se frayent *une voie* facile dans les filtres cylindriques : il suffit d'une irrégularité de grosseur dans les grains de noir, ou d'un tassement inégal, ou de la présence accidentelle d'un corps étranger, d'un morceau de toile, etc., pour ouvrir une sorte de tube au milieu de la masse et rendre le passage, par ce tube, presque général. Avec la forme conique cet accident est moins à craindre ; la filtration est rendue plus efficace en raison de la plus grande division des veines liquides.

Digitized by Google

J'avais recommandé dès 1856 (1) une précaution très-simple pour arriver au même but dans les filtres cylindriques : diviser le noir en quatre, cinq, six masses au moyen de cloisons en tôle formées de deux demi-cercles réunis à charnières par leur diamètre ; La tôle, percée d'un certain nombre de trous, détourne les courants et s'oppose d'une manière absolue à la production des canaux, ou tubes, irréguliers.

Le sirop, amené par le tube à robinet R, pénètre au fond A d'une éprouvette AB, logée au milieu d'un cylindre I,C, I',C' ; il déborde au niveau B, se répand dans le cylindre et en sort par deux trous FF' ; percés aux deux extrémités d'un même diamètre pour lui donner accès dans un tube demi-circulaire au milieu duquel est ajusté le déversoir à genouillère GH. La vitesse est assez faible dans l'éprouvette pour ne pas gêner l'effet de la densité sur le flotteur DM : elle permet d'observer le degré pendant tout le temps du passage et de juger à quel moment il convient de faire couler en S ou en J.

923. Le dégraissage des filtres fermés peut être fait par un procédé dont je crois devoir dire un mot : c'est l'emploi du gaz carbonique des fours. Les auteurs prétendent tirer de ce procédé deux avantages : le premier, de décomposer le sucrate de chaux dont le noir serait imprégné suivant eux ; le second, de faire dissoudre le carbonate de chaux transformé en bicarbonate soluble dans l'eau. De ce second résultat, on ne peut nier l'exactitude théorique ; mais les lavages à l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique sont ordinairement moins coûteux et plus sûrs. Quant au premier, je le crois entièrement chimérique ; il n'y a jamais de sucrate de chaux dans un travail conduit même médiocrement : sans compter le danger de verser dans l'atmosphère un gaz asphyxiant, très-redoutable autour des appareils.

924. Le calcul de la capacité des filtres dépend d'éléments assez nombreux : la puissance du noir, la pureté des jus, l'état des bette-

(1) J'ai fait adopter cette disposition pour diviser le marc de raisin dans les cuves de fermentation : elle donne des résultats supérieurs, et a valu des récompenses à ceux qui en ont fait l'application.

Digitized by Google

raves suivant l'époque de la campagne, etc., etc. Aujourd'hui, grâce aux variantes de mon procédé, grâce à la carbonatation des jus en présence de fortes doses de chaux, il est de notoriété incontestable de pouvoir diminuer beaucoup l'emploi du noir et le réduire au minimum. En général on se contente d'une capacité totale des filtres égale à la vingtième partie du volume des jus mis en œuvre chaque jour : 100 hectolitres de filtres pour 2000 hectolitres de jus. On compte changer le noir toutes les vingt-quatre heures, et on assure le débit des liquides en donnant aux robinets les dimensions nécessaires.

925. Examinons maintenant les moyens employés pour rendre au noir sa puissance perdue : voyons comment on en fait le *lavage* et la *révivification*.

926. *Lavage du noir*. — A la sortie des filtres, on cherche d'abord la purification complète et on fait usage dans ce but de deux

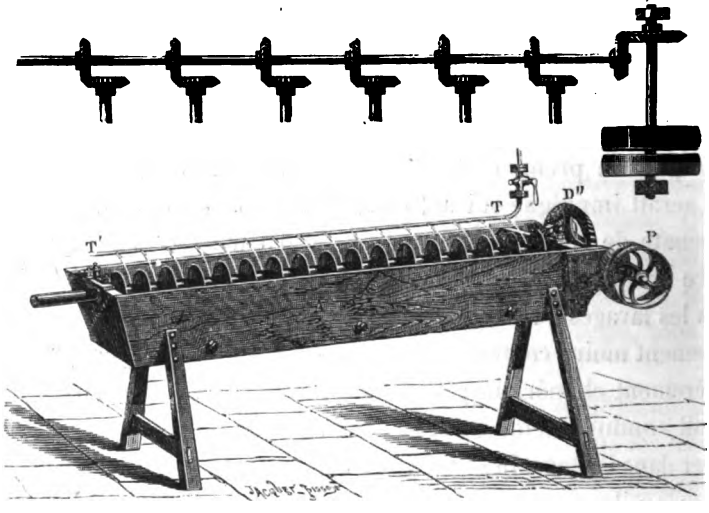


FIG. 195.

moyens distincts : le *lavage à l'acide* ou la *fermentation*. Le premier moyen est de beaucoup le meilleur ; voici comment on l'exécute.

Lavage à l'eau. — Le noir est d'abord soumis à un *débourbage* ou simple lavage à l'eau : son aspect montre à quel point ce débour-

Digitized by Google

bage est nécessaire ; il paraît gris tant la bourbe calcaire est abondante, il renferme d'ailleurs des sels solubles ; s'il reste chargé de ces sels en présence des jus et encore plus des sirops, il les abandonne facilement à l'eau pure et devient plus apte à subir promptement l'action de l'acide.

En général on le place dans une auge un peu inclinée A (fig. 195) ; au milieu de cette auge est établie une vis d'Archimède VV′, mise en mouvement par une roue d'angle D″, servant de tête à son axe, et engrenant avec un pignon d'angle I fixé à un petit arbre horizontal commandé par la poulie P. Le noir monté par la vis de V′ ou V reçoit pendant ce parcours une pluie continuelle versée des trous inférieurs du tube TT′ ; l'eau suivant la pente de l'auge est entraînée vers l'extrémité V′ et s'échappe par le tube Z : elle marche en sens contraire du noir et produit un débourbage rapide. On attribue cet appareil à Logueneux, de Valenciennes.

927. Brissonneau a construit un laveur, très-analogue, dont je ne crois pas nécessaire de montrer la disposition par une figure.

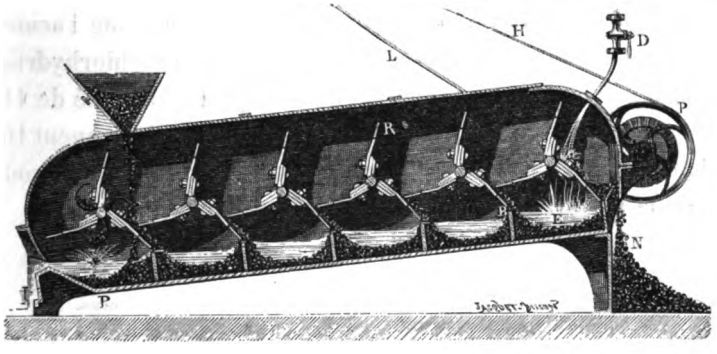


Fig. 196.

928. Klusemann a imaginé le système représenté figure 196. Le noir tombe par la trémie Z dans une caisse plate à parois verticales. Le fond est incliné de N en P d'une quinzaine de degrés, il porte six à huit cloisons verticales B,B′,B″..... correspondant chacune à l'extrémité des palettes de pelleteurs tournant autour des axes R, R′,R″..... Ces pelleteurs à trois palettes marchent dans le sens

Digitized by Google

des flèches sous l'action de roues d'angle fixées sur un arbre latéral à la caisse et commandées par la transmission LAH; leur mouvement soulève le noir; elle projette d'un compartiment dans l'autre en le faisant avancer chaque fois vers la sortie BN. Pendant cette série de projections, l'eau versée dans la caisse par le tuyau D ne cesse de tenir le noir baigné dans chaque compartiment, tout en coulant de B vers S, c'est-à-dire en sens contraire de la marche du noir. On obtient ainsi un lavage actif et profond. Mais cette machine beaucoup plus compliquée que la vis d'Archimède est certainement plus coûteuse.

929. Après les lavages à l'eau, le noir reste incrusté de carbonate de chaux et d'autres sels insolubles : il est indispensable de les enlever. Ce deuxième nettoyage est ordinairement fait avec de l'eau acidulée avec de l'acide chlorhydrique : un petit nombre de personnes se servent encore de la fermentation avec de la mélasse. Voici la marche suivie dans les deux cas.

Lavage à l'acide étendu. — On se sert pour cette opération d'un acide étendu au 1/10 ou au 1/20, suivant la richesse de l'acide et l'abondance des sels dont le noir est incrusté. L'acide chlorhydrique du commerce a presque toujours, en France, une densité de 1180 à 1200, mêlé avec neuf volumes d'eau ; ces densités deviennent 1018 et 1020. Un hectolitre de ces acides, étendus ou concentrés, produit une action mesurable d'après les chiffres suivants :

	Densités.	Acide HCl réel. kilogrammes.	Carbonate de chaux dissous. kilogrammes.
Acides étendus. . .	1058	3.64	4.978
—	1020	4.04	5.534
Acides concentrés.	1180	36.34	49.727
—	1200	40.33	55.250

A l'aide de ce petit tableau, rien de plus facile que de mesurer la quantité d'acide concentré ou étendu, nécessaire pour le lavage d'une masse connue de noir. On fait d'abord une analyse de cette masse afin de déterminer le carbonate de chaux qu'elle renferme : il ne faut pas plus de dix minutes (voir *Gazhydromètre*, § 452).

Digitized by Google

Soit $3^{kil},729$ la proportion de ce carbonate par hectolitre de noir; et 2400 le nombre d'hectolitres à soumettre au lavage. Il faut une quantité d'acide réel assez grande pour dissoudre $2400 \times 3^{kil},729 = 8949^{kil},6$ de carbonate. Combien faut-il d'acide commercial ordinaire, concentré, de D = 1200? La proportion

$$x \text{ acide réel} : \underbrace{8944^{k},6}_{\text{Carbonate.}} :: 40,33 \text{ d'acide réel} : \underbrace{55,250}_{\text{Carbonate.}}$$

donne la quantité x d'acide réel égale à 6533 kilogrammes.

D'ailleurs 100 kilogrammes d'acide commercial contenant $40^{kil},33$ d'acide réel, on a cette deuxième proportion :

$$4033 : 100 :: 6533 : x' \quad \text{d'où} \quad x' = 16199.0$$

Il faudrait donc 16 199 soit 16 200 kilogrammes d'acide commercial de D = 1200 pour dissoudre le carbonate calcaire dont les 2400 hectolitres sont incrustés.

Le calcul peut être simplifié, on a :

$$x' = 6533 \times \frac{100}{4033}; \text{ mais } 6533 = x = 8949.6 \times \frac{40.33}{55.25};$$

donc

$$x' = 8949.6 \times \frac{40.33}{55.25} \times \frac{100}{4033} = 8944.9 \times \frac{100}{55.25}.$$

Il suffit donc de multiplier le poids du carbonate à dissoudre par 100 et de diviser le produit par le chiffre de la troisième colonne ou multiplier le poids par 100/55,25 = 1,81, qu'on pourrait nommer *coefficient de dissolution du carbonate :*

$$8949.6 \times \frac{100}{55.25} = 16.199 \quad 8949 \times 1.81 = 16.199.$$

930. L'opération du lavage est faite ordinairement dans de grandes cuves en bois, ou en maçonnerie bitumée. On arrose le noir, avec l'eau acidulée; on prolonge le contact pendant plusieurs jours au besoin en faisant repasser cinq, six,..., dix fois l'eau sur le noir et quand on est sûr d'avoir fait dissoudre tout le carbonate déposé pendant la filtration, on termine par un nouveau lavage à l'eau.

Digitized by Google

Cette opération n'est pas simple comme elle le paraît. A côté du carbonate plus ou moins mêlé d'autres sels insolubles, à acides minéraux ou organiques, dont le noir est incrusté, il y a le carbonate du noir lui-même et l'acide ne ménage pas plus celui-ci que celui-là. Ce n'est pas tout : le phosphate de chaux contenu dans le noir est soluble dans l'acide, ce qui rend la purification proprement dite du noir tout à fait impossible. Le traitement à l'acide est une opération des plus défectueuses. Si le phosphate est en partie dissous, après l'action d'une quantité déterminée d'acide, une quantité équivalente de carbonate reste intacte, et on ne saurait considérer le noir ainsi modifié comme revenu à sa puissance primitive. Le carbonate n'a pas de propriétés absorbantes (il ne faut pas l'oublier), tandis que le phosphate enlevé à sa place possède ces propriétés. Le lavage du noir à l'acide, poursuivi jusqu'à disparition de neutralité au tournesol, enlèverait tout le carbonate incrusté; mais il enlèverait aussi tout le carbonate et le phosphate naturels, en occasionnant une perte dont nous avons donné la mesure (§ 929). Répétons-le donc, le lavage du noir à l'acide est une opération des plus défectueuses.

931. On se contente de juger les effets du lavage acide par les changement apparents du noir. Le retour à une couleur pure, la dissolution des sels organiques, sont les caractères très-indécis dont il faut se contenter : ce serait très-regrettable si le noir était un agent vraiment digne de sa réputation, car on est amené, malgré tous les soins, à le rendre de moins en moins puissant à chaque révivification. Ce n'est pas un motif de diminuer ces soins, bien au contraire, il faut surveiller attentivement le lavage et éliminer absolument s'il est possible toute matière organique venant de la carbonatation. Le sucre est peut-être de toutes la plus nuisible. Après les lavages acides (ou la fermentation qui elle-même en est un), on soumet le noir à une torréfaction dont nous parlerons tout à l'heure. A la température élevée de cette torréfaction, le sucre donne le charbon peut-être le moins décolorant connu. Il est d'un intérêt très-sérieux de ne pas en laisser produire : c'est de lui que pro-

Digitized by Google

viennent la grande densité et l'inefficacité du noir comme absorbant et décolorant. Devenu luisant et *lourd comme du plomb*, toutes ses qualités ont disparu.

932. Tous les acides capables de former avec le carbonate de chaux un sel soluble peuvent remplacer l'acide chlorhydrique. La question de prix est la seule à résoudre pour déterminer la préférence. En Russie, l'acide acétique est beaucoup moins cher que l'acide chlorhydrique; on en fait usage avec les mêmes inconvénients.

933. *Lavage par fermentation.* — C'est en réalité un lavage à l'acide, car on dirige la fermentation de la mélasse, employée dans cette méthode, de façon à obtenir de l'acide acétique. On dissout de la mélasse (de qualité infime), avec assez d'eau pour réduire la densité à 1070 ou 1080. Il faut trois à quatre volumes d'eau pour un de mélasse. On arrose le noir, dans une citerne et en partie sur ses bords, avec un poids égal de cette dissolution un peu chaude, 35° ou 40°. Peu à peu la masse s'échauffe, et en favorisant l'accès de l'air, on reconnaît l'odeur acide. Il vaut beaucoup mieux, et on recommence à le faire, produire d'abord une fermentation alcoolique sans le contact du noir, dans une cuve spéciale; on est maître de conduire cette fermentation à son but assez rapidement (§ 398). Quand elle est terminée, on procède immédiatement à la fermentation acide, aussi dans des vases spéciaux comme les fabricants de vinaigre (§ 261), et on emploie alors la liqueur acide dont les effets ont toute la régularité et la complétude possibles. La mélasse n'est pas d'un grand prix, mais employée de cette manière, elle sert au lavage avec une économie très-appréciable d'argent, et surtout de temps.

En effet, dans le contact avec le noir, au lieu d'une fermentation acétique régulière, on ne peut souvent éviter la fermentation lactique, butyrique, etc. La première ne serait pas bien fâcheuse, mais la deuxième perdrait beaucoup de sucre inutilement. Je ne puis insister sur ces points pour le moment, mais nous les retrouverons avec de grands détails en parlant de la fermentation des mélasses.

Digitized by Google

Avant de soumettre le noir à l'action de l'acide acétique dérivé ainsi de la mélasse, on lui fait subir en général une première fermentation sans auxiliaire, aux dépens seuls des matières organiques dont il est souillé même après les lavages à l'eau.

Pour développer cette fermentation dans le noir, on le dispose humide en tas, et on le livre à lui-même pendant quelques jours, en évitant les courants d'air qui pourraient le refroidir. Il s'échauffe plus ou moins, dégage une odeur putride et perd à peu près toute la substance azotée dont il était imprégné; il est bon de le laver une fois par jour avec de l'eau à la température où il est parvenu; sans arrêter la fermentation, on évite les odeurs trop fortes, la formation de matières mucilaginenses difficiles à extraire, et on le prépare beaucoup mieux pour les opérations ultérieures.

934. *Calcination du noir*. — Après les purifications froides, lavages à l'eau, à l'acide, fermentations, etc., il est nécessaire d'achever par le feu ce que l'action de l'eau aurait eu d'incomplet. On fait d'abord sécher le noir et on l'expose ensuite à une température élevée. Les deux opérations s'exécutent dans le même appareil, le *four à noirs*. Voici l'un des meilleurs.

ABCB'A' (fig. 197) est un massif au milieu duquel un foyer F développe la chaleur; le charbon est étalé sur une grille dont la longueur est assez grande pour nécessiter deux barreaux; les fumées s'élèvent et passent par trois ouvertures N,N,N dans une galerie où sont logés verticalement dix tubes de fonte I destinés à contenir le noir; ces tubes sont représentés plus en grand dans la figure 198. Ils sont composés de trois parties I,K,L; la première est encastrée par son extrémité inférieure conique dans une traverse de fonte BB' dont les ajustages reçoivent le godet supérieur de la partie K. Celle-ci est encastrée comme la première dans une deuxième traverse en fonte DD' planée en dessous pour laisser glisser à frottement doux une coulisse CC' commandée par le levier MO. Sous la coulisse existe une troisième traverse en fonte HH', assemblée par ses ajustages avec le godet de la troisième partie L. Celle-ci à son tour est encastrée dans PP'; et une deuxième coulisse GG', commandée par un levier RS,

Digitized by Google

glisse entre PP′ et TT′. Le mouvement des coulisses est de 12 centimètres à peu près, d'avant en arrière. Elles sont percées de trous X,X,X... de même longueur et largeur que la section des tubes; enfoncées, comme CC′, vers l'avant du four, elles ferment tous les tubes; tirées en arrière, comme GG′, elles les ouvrent tous.

La manœuvre de ces pièces est régulière et facile, pourvu qu'on observe la précaution de ne pas mêler le noir avec des corps étrangers, d'un trop gros volume et d'une forme anguleuse, favorable au pinçage.

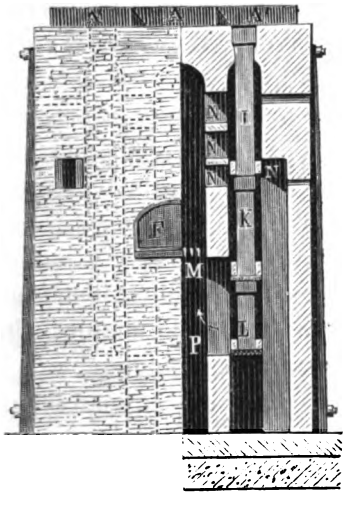


Fig. 197.

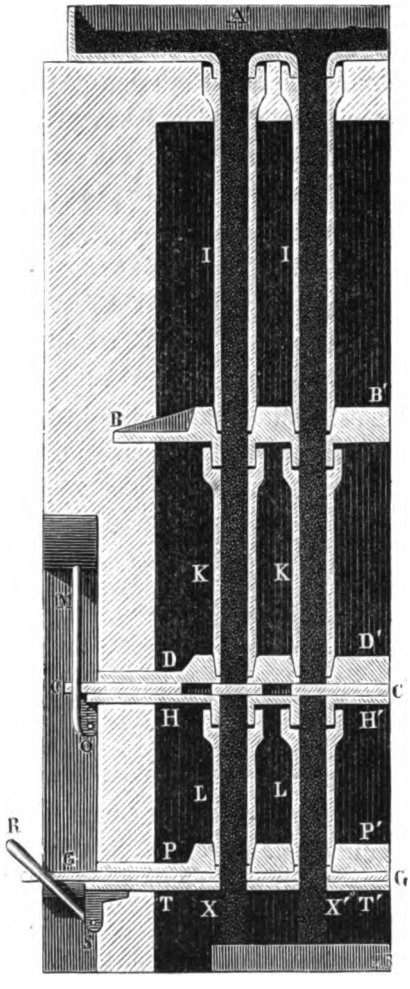


Fig. 198.

Le noir est étalé d'abord sur la plate-forme A où il est desséché; il passe en A′ d'où il tombe dans les tubes; de ceux-ci la partie supé-

Digitized by Google

rieure I est la seule exposée aux effets de la chaleur la plus forte du four (fig. 198); les deux autres, la partie moyenne K et l'inférieure L sont entourées d'une atmosphère relativement froide; on obtient ce résultat en obligeant l'air, appelé par le tirage du fourneau, à venir non pas des orifices ordinaires, porte du foyer, porte du cendrier, qui sont fermées hermétiquement, mais des carneaux, d'où il passe autour des parties inférieures des tubes dans l'ouverture MP qui le conduit sous la grille. Par cette simple disposition, on ne laisse pas sortir du four un noir encore rouge, ou assez chaud pour brûler au contact de l'air. En effet, lorsqu'on ouvre, chaque demi-heure, la coulisse GG', comme le représente la figure, le noir cuit contenu dans la partie L et qui a eu le temps de descendre à la température de 50°, tombe dans l'étouffoir et est emporté. On repousse la coulisse GG' et on tire ensuite celle d'en haut CC'. Du noir chaud tombe à l'instant pour remplir les parties L, il est remplacé par celui de A'. Le service est ordinairement fait de demi-heure en demi-heure. Dans un temps pressant, il peut être un peu plus actif, toutes les vingt-cinq minutes ou même toutes les vingt minutes. La hauteur d'une partie L est de 40 centimètres, sa section 200 centimètres carrés; sa contenance 8 litres. On peut donc tirer des 20 tubes :

	Par heure.	Par jour.
En ouvrant toutes les 20 minutes....	480 litres	11520 litres.
— 25 minutes....	384 —	9216 —
— 30 minutes....	320 —	7680 —

On peut donc alimenter 3 filtres chargés à 20 hectolitres toutes les vingt-quatre heures, même avec le service par trente minutes. On en alimenterait presque 6, avec le service par vingt minutes.

(Il ne faut pas établir la cave de décharge des noirs en contre-bas du sol environnant; en cas d'accident, il s'accumulerait assez d'acide carbonique pour exposer le personnel à l'asphyxie.)

938. Les autres fours (ils sont très-nombreux) remplissent en somme plus ou moins bien les mêmes conditions. Assurément, celui que je viens de décrire est le plus simple de tous. Le fonctionnement

Digitized by Google

en est très-régulier, les réparations et l'entretien aussi peu coûteux que possible.

936. Le four Blaize est encore un des plus répandus; il fonctionne d'après les mêmes vues théoriques. Les tubes verticaux sont en terre réfractaire au lieu de fonte. Cette terre est enduite d'un vernis spécial pour détruire la porosité; sans cette précaution, l'air aurait toujours un grand accès surtout au rouge, et le noir perdrait tout son carbone au point de devenir blanc. Les parties inférieures ou réfrigérants sont en fonte; leur longueur est assez grande pour donner du noir presque froid. On peut le mettre en tas sans se servir d'étouffoirs. Les deux parties terre et fonte sont assemblées par un plancher de terre réfractaire tout semblable au plancher supérieur où sont encastrées les têtes des tubes. Ces deux planchers sont composés de manchons, dont la forme régulière permet un assemblage très-solide. Le four n'a pas d'autre voûte. Une particularité remarquable est l'existence, dans chaque tuyau de terre, d'un tube en tôle plus petit; perforé de trous nombreux et s'élevant jusqu'au-dessus du plancher supérieur où il débouche avec tous les autres dans un conduit horizontal métallique destiné au dégagement des gaz plus ou moins fétides produits par le noir pendant sa calcination. Une autre particularité, c'est une touraille spéciale pour la dessiccation du noir. Cette touraille est formée de deux séries de tubes en fonte horizontalement placés en avant des tubes de calcination au-dessus du four; la fumée ne peut se rendre dans la cheminée sans traverser d'abord les deux rangées inférieures de ces tubes, ensuite les deux rangées supérieures. Elle chauffe ainsi tout le noir et le dessèche dans l'intervalle des tubes, d'où on le fait tomber périodiquement sur le plancher supérieur au moyen de coulisses en fer. Le recueillissage du noir est réglé par la grandeur de boîtes en fonte placées sous les réfrigérants; des coulisses permettent de les emplir toutes les vingt, vingt-cinq minutes.

937. Le four Gils et Durieux est à réverbère : il fonctionne aussi d'après les mêmes vues générales.

Digitized by Google

938. Je ne puis citer tous les fours ; beaucoup sont très-ingénieux ; mais leur description nous mènerait trop loin. Un seul encore me paraît nécessiter une mention, à cause du moyen tout spécial de refroidissement et de l'élégance de la construction ; c'est le *four Séraphin*. Les figures 199 et 200 en montrent les détails principaux. C'est un four cylindrique, une tour en maçonnerie, solidement maintenue par des cercles de fer. Avec la même forme, on peut en changer les dimensions pour obtenir toute la provision nécessaire aux travaux de la fabrique.

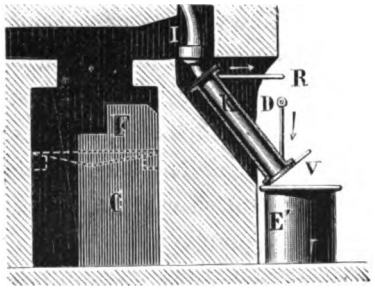


Fig. 199.

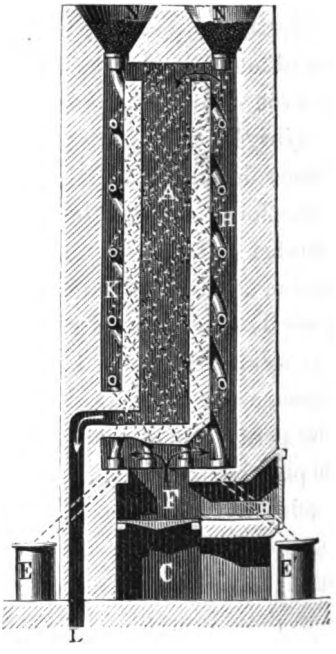


Fig. 200.

Un foyer F, placé au centre d'une colonne CFA, dégage ses fumées par l'espace annulaire KII, et la cheminée AL redressée à la distance voulue, ou conduite dans le carneau d'un générateur, etc. Dans l'espace KH sont logés 6 tubes contournés en hélice, tous ouverts en haut, sous la trémie annulaire NN, et recevant le noir au travers d'une grille, pour retenir les agglomérés ; dans le trajet très-allongé dû à la forme spirale, le noir est promptement calciné ; le refroidissement n'est pas moins prompt ; le tube M, placé au bas de chacun des tubes NI pour servir de réfrigérant, est complétement entouré d'eau, courant de l'extrémité inférieure V, près de laquelle entre

Digitized by Google

l'ajustage d'une conduite circulaire D, à l'extrémité supérieure d'où elle s'échappe par le tube R. On peut donc, toutes les vingt minutes au besoin, pousser un registre placé au bas du tube spiral en I, et lever la vanne V, pour cueillir une mesure de noir froid dans les vases de tôle E,E′: un inconvénient de ce système est d'exiger de l'eau dont beaucoup de fabriques n'ont pas toujours le nécessaire.

939. La température de calcination du noir a été l'objet de déterminations attentives. Une trop forte chaleur occasionne deux accidents graves : le premier, presque proportionné à l'élévation de la température, est une augmentation de densité qui diminue les puissances absorbantes du noir ; le second est l'introduction de l'air par les intervalles des vases de calcination, les pores des tubes terreux, etc. On s'est préoccupé, non sans raison, de connaître la plus basse température suffisante, et peut être, en France n'a-t-on pas tenu compte, autant qu'il l'eût fallu, des indications publiées.

On le sait par les expériences de Violette père, les os deviennent noirs un peu au-dessus de 340°, ce qui est très-inférieur au rouge, même sombre, ou 700°. Beaucoup de fabricants étrangers ont cru nécessaire de s'en tenir à cette température de 340°-350° ou au maximum 360°. Walkhoff conseille l'emploi d'un pyromètre. Il n'est pas mauvais d'apporter de la précision dans toutes les opérations industrielles, et assurément la calcination du noir, pour celui qui veut en obtenir tous les effets, nécessite une surveillance éclairée ; mais, à ce titre même, on peut se demander si l'observation rigoureuse de la température indiquée n'est pas une exagération. Les matières dont le noir peut demeurer, et demeure souvent imprégné, se détruisent-elles, comme la matière azotée des os, à une température assez basse? Est-ce bien une carbonisation qui est produite? ou bien ne reste-t-il pas seulement un produit brun, ulmique, très-soluble dans les jus alcalins. Si cela était, va-t-on dire, Walkhoff, qui est un fabricant distingué, ne recommanderait pas une telle méthode avec la chaleur d'un homme convaincu. Je ne vais point à l'encontre. En France, où le noir perd chaque jour sa considération, peu de personnes pensent sans doute à le traiter d'une manière si sérieuse : je dois pourtant

Digitized by Google

leur signaler cette circonstance dont le profit est, peut-être, assez grand pour mériter ce léger effort.

940. Les matières organiques insolubles adhérentes au noir, même après des lavages bien faits, sont enlevées avec facilité par les lessives alcalines, carbonates de potasse, ou de soude, et surtout potasse ou soude caustique. Dans ce dernier cas, des solutions à 2 ou 3 centièmes, employées comme les acides, étendues, suffisent. Elles deviennent brunes, etc., en dissolvant une grande partie des corps organiques : deux ou trois lavages à l'eau complètent la purification. Plus concentrés, les alcalis caustiques sont d'un maniement très-dangereux.

941. *Analyses du noir animal.* — 1° *Détermination du carbone.*— Il est bon d'opérer sur 10 grammes de noir en poussière très-fine (au tamis de soie) ; on mêle avec 5 grammes azotate de potasse, ou de soude, et 5 grammes soude caustique. On fait rougir doucement dans une cuiller de fer couverte d'un fragment de tôle. La masse devient blanche, tout le carbone est converti en carbonate alcalin. On laisse refroidir, on détache de la cuiller et on verse le tout dans le flacon du Gazhydromètre. On lave avec 20 centimètres cubes d'eau, qu'on verse de même dans le flacon (si deux ou trois globules ont été projetés à la tôle, on les réunit à la masse de la cuiller). Traités par un léger excès d'acide chlorhydrique, 20 centimètres cubes, ces matières dégagent tout l'acide carbonique produit par le carbone et par le carbonate de chaux du noir. On mesure le volume, on en déduit celui dont le carbonate calcaire est la source et qui est connu par un essai préalable. La différence permet de calculer le charbon pur ou carbone du noir. Voici un exemple :

Chaque centimètre cube de gaz à + 15°, $0^{m},760$ et maximum d'humidité représente $0^{gr},00051$ de carbone. Il suffit donc de multiplier le nombre de centimètres cubes obtenus par ce coefficient pour connaître la quantité du carbone.

942. L'exemple suivant fera comprendre le calcul : 10 grammes

Digitized by Google

de noir, traités comme il vient d'être dit, ont dégagé 2103 centimètres cubes de gaz carbonique.

$$2103 \times 0{,}00051 = 0^{gr},107253 \text{ carbone.}$$

REMARQUES. — La potasse ou la soude doivent être exemptes d'acide carbonique. La soude caustique du commerce de D = 1330 n'en contient jamais. La calcination doit être faite dans un creuset ou une capsule de tôle.

943. La détermination du *carbonate calcaire* dans un noir serait une impossibilité, lorsqu'il s'agit d'évaluer le carbonate absorbé pendant une carbonatation, si l'on n'avait pas eu soin de déterminer d'avance ce que le noir contient par lui-même. Il faut ces deux évaluations, elles sont toutes deux très-faciles dans le Gaz hydromètre— (le n° 2 est le plus commode).

On opère sur 20 grammes de noir; soit A le nombre des centimètres cubes dégagés = 475; soit B le nouveau dégagement après la carbonatation = 498. Il est clair que B — A = 498 — 475 = 23 centimètres cubes correspondent au carbonate retenu par le noir à la suite de la carbonatation. Ces 23 centimètres cubes représentent 0,09614 de carbonate calcaire. Le noir contient donc $0^{gr},4807$ sur 100 grammes.

NOTA. — On peut obtenir le même résultat aussi facilement d'une autre manière. On traite 20 grammes de noir en poussière très-fine par un excès connu d'acide chlorhydrique, par exemple 50 centimètres cubes d'acide au 1/4 (1 vol. d'acide fumant de D = 1.20 mêlé avec 3 volumes d'eau, et d'ailleurs titré) (§ 454); on laisse le tout en contact, pendant une ou deux heures, dans un ballon après avoir chauffé jusqu'à 70° ou 80°. Au bout de ce temps on détermine l'acide resté libre, en traitant la masse, telle quelle, par du carbonate calcaire en excès; ce qui reste d'acide après la dissolution du phosphate et du carbonate naturels du noir est déterminé par le dégagement d'acide carbonique C. On fait la même épreuve sur le noir après la carbonatation. On trouve un autre dégagement plus faible D. On a cette fois C — D = l'acide carbonique équivalent de l'acide

Digitized by Google

chlorhydrique neutralisé par le carbonate provenant de la carbonatation.

Or 1 centimètre cube de gaz carbonique représente 0,00305 d'acide chlorhydrique ou son équivalent de carbonate de chaux 0,00418.

On trouve C — D = 23 centimètres cubes comme dans le cas précédent ; ce qui sert de contrôle.

944. Il reste une troisième détermination qui a de l'intérêt, c'est celle du *sulfure de calcium*. Elle peut être faite en même temps que la précédente ; il suffit d'ajouter, entre le flacon du Gazhydromètre et le cylindre de caoutchouc, un petit flacon *t' u* représenté figure 201. On met dans ce flacon 30 à 40 centimètres cubes de

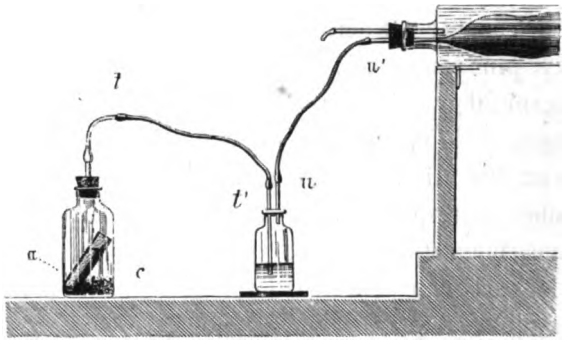


FIG. 201.

dissolution d'acétate neutre de plomb au 1/10, mêlé de 1/5 de son volume d'acide acétique. Le gaz carbonique, dégagé des 20 grammes de noir, est mêlé de gaz sulfhydrique, si ce noir contient du sulfure de calcium. Tout l'acide sulfhydrique est absorbé par l'acétate de plomb avec lequel il forme immédiatement du sulfure de plomb noir (on tient compte dans l'évaluation du volume d'acide carbonique de la quantité retenue en dissolution par la liqueur acétique. Cette quantité est à très-peu près égale au volume même de la liqueur, un peu moindre, 0,96). Le plus ordinairement on tient à savoir si le noir contient ou ne contient pas de sulfure. Il en contient, s'il y a eu formation de flocons noirs ou bruns dans l'acétate

Digitized by Google

de plomb. Lorsqu'on veut mesurer la quantité, on recueille le sulfure de plomb sur un filtre, on le transforme en sulfate et on le pèse. Le sulfure et le filtre sont brûlés dans un creuset de porcelaine. On arrose le résidu avec une goutte ou deux d'acide azotique, étendu de son volume d'eau. On chauffe très-doucement et on recommence, au besoin, jusqu'à ce que le résidu soit très-blanc. On ajoute alors une goutte ou deux d'acide sulfurique. L'azotate est transformé en sulfate de plomb qui, après une calcination ménagée au rouge, est pur. On en prend le poids : 1 gramme de sulfate de plomb représente 0,2376 de sulfure de calcium.

Nous avons vu (§ 453) comment on peut déterminer le phosphate de chaux.

945. La chaleur spécifique du noir est 0,604, d'après Muspratt.

946. J'ai analysé de nombreux échantillons de noir ; voici les résultats obtenus :

						Revivifié 34 fois.	
Carbone.....	10.21	8.44	9.88	12.07	10.65	24.22	26.12
Ph. de chaux...	76.94	80.31	80.11	76.35	78.52	64.35	62.40
Carb. de chaux.	7.42	8.77	7.76	7.09	7.21	4.82	3.35
Sulfate de chaux.	0.12	0.40	0.08	0.11	0.20	0.84	0.88
Sulfure de calc..	0.01	0.04	»	»	0.08	0.14	0.16
Sels alcalins....	0.67	0.35	0.04	0.33	0.17	0.12	0.24
Ox. de fer, etc...	0.22	0.43	0.17	0.12	0.06	0.43	0.56
Sable.....	0.34	1.71	0.92	0.79	0.73	1.35	4.08
Humidité.....	4.07	0.55	1.04	1.14	2.38	3.73	2.21
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Densité réelle..	2.890	2.928	2.903	2.937	2.943	2.939	2.937
Apparente :							
Poussière....	1.070	996	944	1.081	975	1.144	1.388
Grain.....	776	804	769	778	771	1.088	1.196
Pouvoir décolorant :							
Poussière....	142	94	116	104	165	62	51
Grain.....	93	71	88	65	102	8	7

947. Schulz a obtenu des résultats analogues (1). La densité apparente en grains lui a donné : minimum 650. Je n'ai pas eu l'oc-

(1) *Jahresbericht*, VI, 236.

Digitized by Google

casion d'observer un nombre aussi faible. Il a rencontré un noir contenant 8,99 dosable. Je n'en ai pas eu d'aussi chargé. Les sels alcalins lui ont donné 1,38 maximum. Je n'ai pas eu plus de 0,67.

948. Le noir animal est préparé par la calcination des os. On opère cette calcination dans des cornues de fonte ou des pots de même métal. Dans le premier cas, on recueille les produits de distillation; dans le second, on les laisse perdre. Voici ce qu'il importe de savoir sur les deux :

Distillation dans les cornues. — L'appareil est identique à celui de la fabrication du gaz (Traités de chimie). On met les os dans les cornues au lieu d'y jeter du charbon de terre. Les produits sont beaucoup plus fétides. Les os sont composés :

	Berzélius. Bœuf.	Mérat. Mouton.	Mérat. Veau.	Mérat. Cheval.	Mérat. Porc.
Cartilage soluble dans l'eau.... Vaisseaux.....	33.30	16.5	25	9.0	17
Phosphate de chaux basique..	58.35	70.0	64	67.5	52
Phosphate de magnésie.....	2.05				
Fluorure de calcium.....	traces (un peu).				
Carbonate de chaux.....	3.85	0.5	traces.	1.25	1
Soude.....	2.45				
Chlorure de sodium.....	(très-peu.)				
Eau.....		13.5	11	22.25	30
	100.00	100.0	100	100.00	100

Ces résultats sont donnés par l'ensemble de l'os. Il y a des différences notables entre la partie extérieure et la partie intérieure, entre les extrémités et la partie moyenne.

A la haute température de la calcination, les parties organiques, cartilages, vaisseaux, etc., donnent les produits de décomposition des matières organiques azotées et sulfurées. Ces produits, les derniers surtout, répandent une odeur infecte. Ils ont, en outre, une saveur tout aussi désagréable. Malgré tous les soins, le noir neuf conserve une petite quantité de ces produits, et, par conséquent, un premier lavage en est toujours utile. Le lavage à la vapeur est le meilleur dans ce cas; le chauffage avec une solution de soude est très-efficace pour dégager les corps dont nous parlons; mais l'ab-

Digitized by Google

sorption d'une certaine quantité de soude difficile à enlever par l'eau exige un deuxième lavage à l'acide et de nombreux lavages à l'eau. Il est plus coûteux.

949. La calcination dans les pots, ou marmites, fait perdre la plus grande partie des produits volatils; mais elle ne préserve pas le noir de leur contact, et n'empêche en rien l'absorption de la petite proportion qu'il en conserve. Voici comment on l'exécute : on empile des pots ou marmites en fonte, P, P, P... (fig. 202), dont le fond se loge, à une profondeur convenable, dans le col d'autres pots sem-

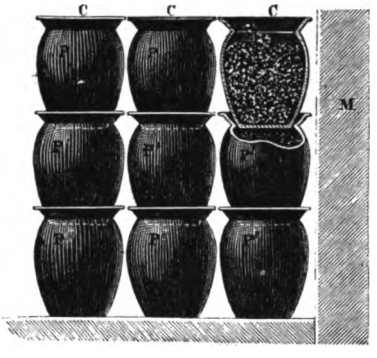


FIG. 202.

blables P' P' P', ceux-ci dans P'' P''..., etc. Tous ces pots sont remplis de noir, et on lute les joints, au fur et à mesure de l'empilage. L'ensemble est établi dans un four de potier, où on peut développer une température rouge. On est obligé d'attendre, de six à douze heures, suivant les dimensions du four et des pots, l'état de sécheresse et de pureté du noir, etc. On est averti de la fin de l'opération par la disparition des flammes à tous les joints. On laisse refroidir vingt-quatre à quarante-huit heures, puis l'on défourne.

On obtient, de 1000 kilogrammes d'os de boucherie, en moyenne :

Noir en grains	475	600
Noir en poussière	125	
Graisse (avant calcination)		60
Matières volatiles		340
		1000

Digitized by Google

On le voit, ce système ne préserve pas le noir du contact des vapeurs : il a l'inconvénient de donner trop facilement accès à l'air quand les pots sont fêlés, les luts fendus, etc.

Ce système est le moins employé ; toutefois, il l'est, même pour la révivification ; mais cette opération, qui peut être faite jusqu'à quarante fois, dans les appareils cités plus haut, ne l'est pas plus de vingt fois dans les pots. En moyenne, la perte est de 2/100 dans les appareils et de 4/100 dans les pots.

950. On a essayé de remplacer le noir animal par d'autres charbons artificiels. On sait, depuis Bussy, toute la puissance décolorante du charbon de sang calciné avec de la potasse ; mais ce charbon est cher et très-peu maniable. Tous les essais faits en calcinant du phosphate de chaux avec des matières organiques ont donné peu de résultats. Les charbons de schiste ne sont pas très-inférieurs. Il faut seulement les bien laver avec l'acide sulfurique pour détruire le sulfure de fer. On a essayé ceux de Ménat (Auvergne). J'ai montré le parti très-utile à tirer de ceux des environs de Reims (1).

DEUXIÈME CONCENTRATION DES SIROPS OU CUITE

951. Les sirops obtenus dans le triple-effet, réchauffés et filtrés, *ou non*, sont *cuits* ou amenés à un degré de concentration suffisant pour en extraire près des trois quarts du sucre, dans un appareil, ou chaudière unique, très-analogue à celles du triple-effet, et nommée *chaudière à cuire*, *chaudière à cuite* ou tout simplement *cuite*. Elle est représentée figures 203 et 204, mêmes lettres dans les deux figures.

C'est un vase en fonte composé de trois parties : calandre GH, bassin hémisphérique BB″, chapiteau GDH′ communiquant, par E′, avec un vase de sûreté analogue à ceux du triple-effet, ou même identique, muni d'un niveau d'eau, d'un tuyau et robinet de

(1) Travaux de l'Académie impériale de Reims, 1854-1855, XXII, 1.

Digitized by Google

vidange, etc. La chaudière contient trois serpentins, dont les premiers plis sont AA, A′A′, A″A″, et les extrémités KK′K″. Il n'est plus possible, pour terminer la cuite, d'employer le système tubu-

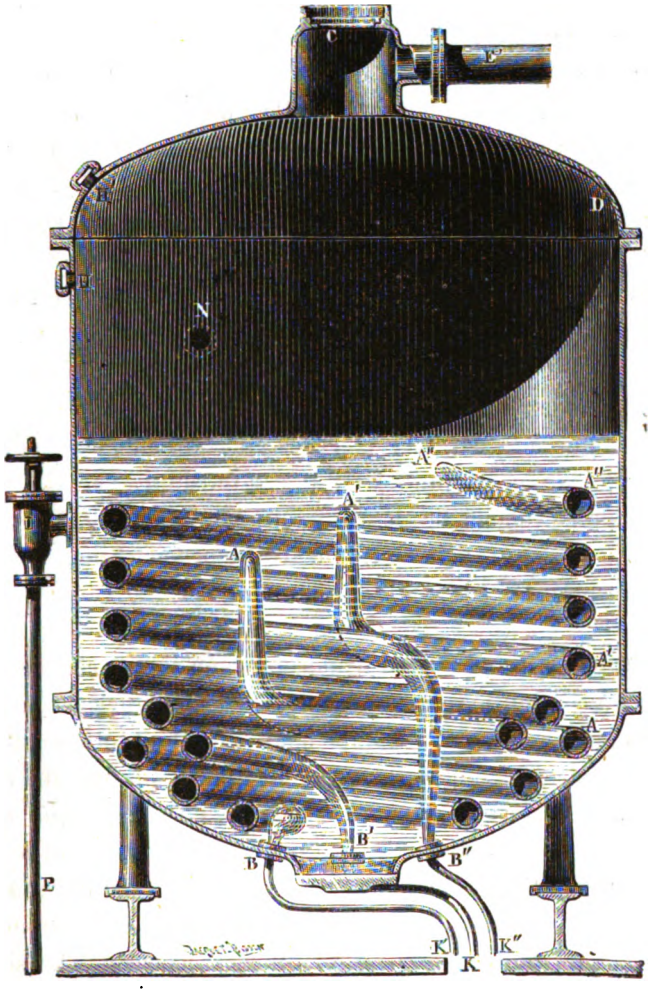
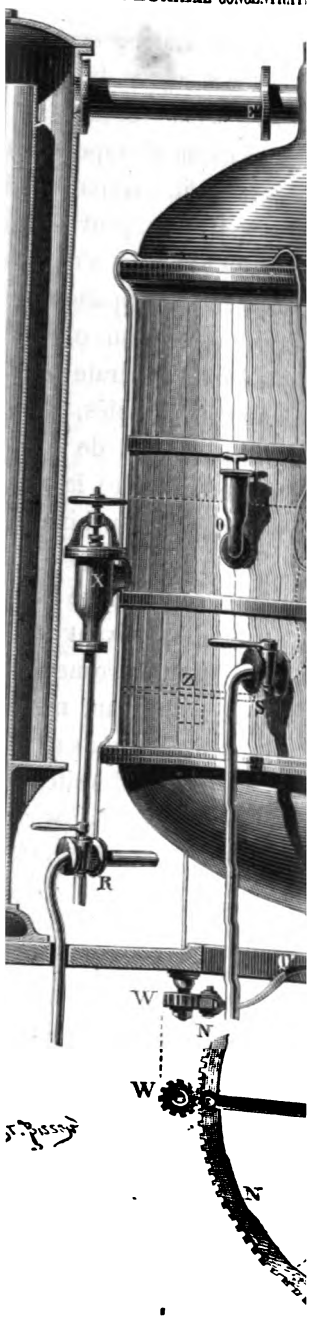


Fig. 203.

laire du triple-effet. Le sirop, assez épais pour cristalliser, ne tomberait plus des tubes : il tombe facilement des serpentins ; ceux-ci doivent être nombreux, pour pouvoir les *éteindre* l'un après l'autre,

Digitized by Google



FIG

Digitized by Google

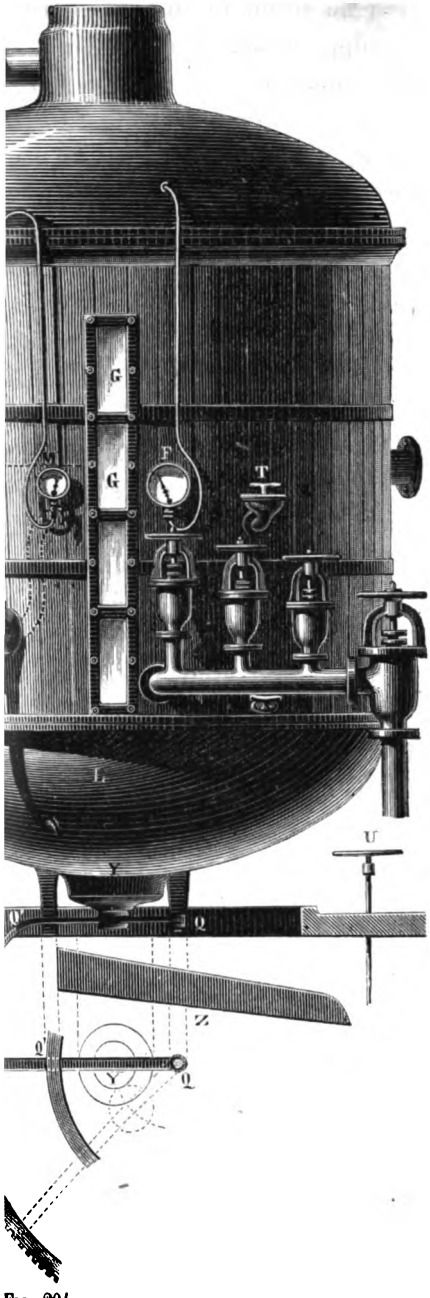


FIG. 204.

Digitized by Google

100 LITRES D'EAU SUCRÉE				
contiennent		cuits à la dens		
		ouvrent	perdent	
sucre.	eau.	eau.	eau	
Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	
29.108	980.892	3.458	977.454	
55.875	964.125	6.876	957.249	
82.642	947.358	9.819	937.539	
109.410	930.590	12.909	917.591	
136.177	913.823	16.079	897.644	
162.945	897.055	19.360	877.695	
189.712	880.288	22.540	857.748	
216.479	863.521	25.719	837.802	
243.247	846.753	28.900	817.853	
270.014	829.986	32.080	797.906	
296.781	813.219	35.261	777.958	
323.549	796.451	38.441	758.010	
350.316	779.684	41.621	738.063	
377.084	762.916	44.801	718.115	
403.851	746.149	47.982	698.167	
430.618	729.382	51.162	678.220	
457.386	712.614	54.342	658.272	
484.153	695.847	57.522	638.325	
510.921	679.079	60.703	618.376	
537.688	662.312	63.883	598.429	
564.455	645.545	67.063	578.482	
591.223	628.777	70.245	558.534	
617.990	612.010	73.424	538.586	
644.758	595.242	76.604	518.638	
671.525	578.475	79.784	498.691	
698.292	561.708	82.964	478.744	
725.060	544.940	86.145	458.795	
751.827	528.173	89.325	438.848	
778.595	511.405	92.505	418.900	
805.362	494.638	95.686	398.952	
832.129	477.871	98.866	379.005	
858.897	461.103	102.046	359.057	
885.664	444.336	105.226	339.110	
912.432	427.568	108.406	319.162	
939.199	410.801	111.586	299.215	
965.966	394.034	114.767	279.267	
992.734	377.266	117.947	259.31	
1019.501	360.499	121.127	239.372	
1046.269	343.731	124.307	219.42	
1073.036	326.964	127.488	199.47	
1099.893	310.197	130.368	179.82	
1126.571	293.429	133.848	159.58	
1153.338	276.662	137.028	139.63	
1180.106	259.894	140.209	119.68	
1206.873	243.127	143.389	99.73	
1233.640	226.360	146.569	79.79	
1260.408	209.592	149.749	59.84	
1287.175	192.825	152.930	39.89	
1313.943	176.057	156.110	19.9	
1340.710	159.290			

II.

SUCRÉE à la densité 1500			1000 KILOGRAMMES d'eau sucrée contiennent		1000 K. DE D=1010 cuits à D'	
dent	sont réduits au				sont réduits	perdent
au.	poids.	volume.	sucre.	eau.	à	eau.
ilogr.	Kilogr.	Litres.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
17.434	32.506	21.111	28.820	971.180	508.922	491.078
57.240	62.751	41.831	54.779	945.221	359.192	640.808
37.539	92.461	61.641	80.235	919.765	273.948	726.052
17.591	122.409	81.606	105.202	894.798	222.217	777.783
97.644	152.356	101.571	129.692	870.308	181.481	812.519
77 695	182.305	121.537	153.722	846.278	162.547	837.453
57.748	212.252	141.501	177.301	822.699	143.780	856.220
37.802	242.198	161.465	200.444	799.556	129.143	870.857
17.853	272.147	181.431	223.162	776.838	117.449	882.551
97.906	302.094	201.396	245.467	754.533	107.790	892.210
77.958	332.042	221.361	267.370	732.630	99.763	900.237
58.010	361.990	241.327	288.883	711.117	92.369	907.037
38.063	391.937	261.291	310.014	689.986	87.128	912.872
18.115	421.885	281.257	320.776	679.224	82.067	917.933
98.167	451.833	301.222	351.175	648.824	77.635	922.365
78.220	481.780	321.187	371.222	628.778	73.722	926.278
58.272	511.728	341.152	390.928	609.072	70.241	929.759
38.325	541.675	361.117	410.299	589.701	67.125	932.875
18.376	571.624	381.083	421.018	578.982	64.320	935.680
98.429	601.571	401.047	448.073	551.927	61.780	938.220
78.482	631.518	421.012	466.492	533.508	59.470	940.530
58.534	661.466	440.977	484.609	515.391	57.361	942.639
38.586	691.414	460.943	502.431	498.569	55.426	944.574
18.638	721.309	480.908	519.966	480.034	53.646	946.354
98.691	751.309	500.873	537.220	462.780	52.003	947.997
78.744	781.256	520.837	554.200	445.800	50.480	949.520
58.795	811.204	540.803	570.913	429.087	49.066	950.934
38 848	841.152	560.768	587.365	412 635	47.750	952.250
18.900	871.100	580.733	603.562	396.438	46.521	953.479
98.952	901.048	600.699	619.510	380.490	45.370	954.630
79.005	930.994	620.663	635.213	364.787	44.045	955.955
59.057	960.943	640.629	650.680	349.320	43.279	956.721
39.110	990.890	660.593	665.909	334.091	42.325	957.675
19.162	1020.838	680 559	680.920	319.080	41.426	958.574
99.215	1050.785	700.523	695.703	304.297	40.576	959.424
79.267	1080.733	720.489	710.269	289.731	39.770	960.230
59.319	1110.681	740.454	724.623	275.377	39.011	960.689
39.372	1140.628	760.419	738.769	261.231	38.288	961.712
19.424	1170.576	780.384	753.071	246.929	37.602	962.398
99.476	1200.524	800.349	766.454	233.546	36.949	963.051
79.829	1230.170	820.011	780.002	219.998	36.327	963.673
59.581	1260.419	840.279	793.360	206.640	35.733	964.264
39.634	1290.366	860.244	806.538	193.470	35.167	964.833
19 685	1320.315	880.210	819.518	180.482	34.626	965.374
99.738	1350.262	900.175	832.326	167.674	34.108	965.892
79.791	1380.209	920.139	844.959	155.041	33.612	966.388
59.843	1410.157	940.105	857.420	142.580	33.137	966.863
39.895	1440.105	960.070	869.713	130.287	32.682	967.318
19.947	1470.053	980.035	881.839	118.161	32.244	967.756
			893.807	106.193		

Digitized by Google

II.

Digitized by Google

…RÉE			1000 KILOGRAMMES d'eau sucrée contiennent		1000 K. DE D=1010 cuits à D'	
…densité 1500						
…	sont réduits au				sont réduits	perdent
	poids.	volume.	sucre.	eau.	à	eau.
	Kilogr.	Litres.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
34	32.566	21.111	28.820	971.180	508.922	491.078
9	62.751	41.831	54.779	945.221	359.192	640.808
0	92.461	61.641	80.235	919.765	273.948	726.052
1	122.409	81.606	105.202	894.798	222.217	777.783
4	152.356	101.571	129.692	870.308	181.481	812.519
5	182.305	121.537	153.722	846.278	162.547	837.453
8	212.252	141.501	177.301	822.699	143.780	856.220
2	242.198	161.465	200.444	799.556	129.143	870.857
3	272.147	181.431	223.162	776.838	117.449	882.551
6	302.094	201.396	245.467	754.533	107.790	892.210
8	332.042	221.361	267.370	732.630	99.763	900.237
0	361.990	241.327	288.883	711.117	92.369	907.037
3	391.937	261.291	310.014	689.986	87.128	912.872
15	421.885	281.257	320.776	679.224	82.067	917.933
7	451.833	301.222	351.175	648.824	77.635	922.365
20	481.780	321.187	371.222	628.778	73.722	926.278
72	511.728	341.152	390.928	609.072	70.241	929.759
25	544.675	361.117	410.299	589.701	67.125	932.875
76	571.624	381.083	421.018	578.982	64.320	935.680
29	601.571	401.047	448.073	551.927	61.780	938.220
82	631.518	421.012	466.492	533.508	59.470	940.530
34	661.466	440.977	484.609	515.391	57.361	942.639
86	691.414	460.943	502.431	498.569	55.426	944.574
38	721.369	480.908	519.966	480.034	53.646	946.354
91	751.309	500.873	537.220	462.780	52.003	947.997
44	781.256	520.837	554.200	445.800	50.480	949.520
95	811.204	540.803	570.913	429.087	49.066	950.934
48	841.152	560.768	587.365	412.635	47.750	952.250
00	871.100	580.733	603.562	396.438	46.521	953.479
52	901.048	600.699	619.510	380.490	45.370	954.630
05	930.994	620.663	635.213	364.787	44.045	955.955
57	960.943	640.629	650.680	349.320	43.279	956.721
10	990.890	660.593	665.909	334.091	42.325	957.675
62	1020.838	680.559	680.920	319.080	41.426	958.574
15	1050.785	700.523	695.703	304.297	40.576	959.424
67	1080.733	720.489	710.269	289.731	39.770	960.230
19	1110.681	740.454	724.623	275.377	39.011	960.689
72	1140.628	760.419	738.769	261.231	38.288	961.712
24	1170.576	780.384	753.071	246.929	37.602	962.398
76	1200.524	800.349	766.454	233.546	36.949	963.051
29	1230.170	820.011	780.002	219.998	36.327	963.673
81	1260.419	840.279	793.360	206.640	35.733	964.264
34	1290.366	860.244	806.538	193.470	35.167	964.833
85	1320.315	880.210	819.518	180.482	34.626	965.374
38	1350.262	900.175	832.326	167.674	34.108	965.892
91	1380.209	920.139	844.959	155.041	33.612	966.388
43	1410.157	940.105	857.420	142.580	33.137	966.863
95	1440.105	960.070	869.713	130.287	32.682	967.318
47	1470.053	980.035	881.839	118.161	32.244	967.756
			893.807	106.193		

Digitized by Google

953. La cuite simple n'exige pas de précautions délicates; la seule précaution, et elle est assez facile, c'est de ne pas laisser la vapeur dans les serpentins découverts ; en général, cette vapeur est à 5 atmosphères ou + 153 degrés. Or, on le voit bien aisément, le sirop, dont la surface de A'' demeure enveloppée quand le niveau descend au-dessous du premier spiral, peut, à la température + 153 degrés, se dessécher complétement d'abord et se colorer ensuite par une véritable *caramélisation*. Il faut donc, aussitôt le niveau descendu près de l'entrée de A'', fermer le robinet de ce serpentin, et le réduire aux deux autres seuls. On fait de même pour A', mais non pour A, la cuite étant toujours terminée avant de découvrir ce dernier.

Si l'on ne cuit pas en grains, on fait tomber la cuite dans une couloire Z, qui la verse aux bacs rafraîchissoirs. On ouvre, pour faire tomber la cuite, d'abord le robinet O, afin d'emplir le vide, puis la soupape de vidage Y, ce qui a lieu rapidement en tournant la roue Z', dont le pignon W commande une crémaillère taillée dans l'arc de cercle NN', auquel est fixé le levier NQ de la soupape Y. Ce mécanisme est vu en plan dans la figure 204 (avec les mêmes lettres). Q' est la coulisse où le levier est soutenu.

Le degré de cuite doit être connu avec précision. Déjà l'examen du sirop, au travers des glaces et de la lunette N' (fig. 203), permet d'apprécier l'aspect du bouillon, indice assez rigoureux. Le bouillon, d'abord sec, c'est-à-dire dont les bulles se déchirent brusquement, et avec un bruit sec, devient gras, visqueux, au moment où la cuite s'achève; les bulles changent de dimension; la manière même dont le sirop coule sous la glace est un autre indice utile. On a mieux encore; une sonde PB (fig. 207) permet de tirer une cuillerée de sirop hors de la chaudière, sans rompre le vide, et de l'examiner à son aise. Cette sonde est un tube plein, en bronze, logé dans un manchon CD fixé à la paroi OR de la calandre, et où il glisse à frottement doux. On peut tirer ce tube par la poignée P, jusqu'à ce que la cuiller A sorte du manchon; l'anneau B sert d'arrêt pour empêcher la sortie entière causée par un mouvement trop brusque; le vide n'est pas modifié : il ne rentre pas d'air; le sirop forme un joint suffisant. Le

Digitized by Google

la cuiller permet de soumettre le sirop à diverses
constater exactement le degré de cuisson.

est déterminé par deux genres d'épreuve : 1° le
à l'ébullition sous la pression atmosphérique;

s la pression atmosphérique, est très-
entigr.). Dans le vide, il est moindre, et
degrés, suivant le degré dont la pression est
Malheureusement, dans l'air ou dans le vide, le
ion est fort modifié par les substances étrangères. Les
s, surtout les sels de chaux, paraissent être la seule cause
viscosité singulière des sirops, dont la cuite, en pareil cas,
vient *dormante*. La formation des bulles de vapeur y devenant, même avec un vide presque complet, tout à fait impossible, il faut donc se rejeter sur la seconde épreuve (1).

935. C'est la viscosité. On appuie l'index au milieu de la cuiller; un peu de sirop s'y attache; on approche le pouce au contact du sirop, puis on l'écarte un peu vivement, et l'on observe le *filet*.

S'il se rompt en gouttes, et ne reste pas en filet, le sirop n'est pas cuit; mais, si le filet se maintient, la cuite est faite, avec des nuances caractéristiques dont voici la liste :

Le filet se maintient, mais il est mince et ne tarde pas à se rompre en crochet (crochet fin).

Le filet se conserve, et il est plus lent à remonter après rupture (crochet gros).

Pour le *soufflé*, on trempe une écumoire dans le sirop bien écumé; on la tourne, inclinée, pour bien répartir le sirop à sa surface; puis, la mettant presque verticale, on souffle fortement sur quelques trous. Tous ceux dont le sirop se détache lui font prendre

(1) Pour connaître le degré d'ébullition à l'air, on prend deux ou trois doses de sirop à l'éprouvette en les recueillant dans un petit poêlon de cuivre profond; on les fait bouillir en chauffant le fond seul du poêlon avec un bec de gaz (Wiesnegg) et on plonge un thermomètre dans le centre de la masse bouillante.

Digitized by Google

une forme globuleuse, s'il est assez cuit pour se solidifier rapidement. Là encore on trouve des différences.

Le soufflé est très-mince; les bulles s'envolent un instant vers le ciel (soufflé léger).

Le soufflé est à parois épaisses; les bulles tombent de suite (soufflé lourd).

Enfin il est possible de *serrer* davantage et d'atteindre le *petit cassé*, le *grand cassé*, le cassé sur le doigt; mais ces états ne sont utilisés que dans la confiserie, je ne crois pas nécessaire d'en parler.

Dans un sirop pur, un sirop de raffinerie, par exemple, on trouve :

		Température.	100 de sirop contiennent	
			Sucre.	Eau.
Filet.....		+ 110°	85	15
Crochet....	fin....	+ 111°	86	14
	gros...	+ 112°-113°	88	12
Soufflé.....	léger..	+ 116°	90	10
	lourd..	+ 120°	92	8

956. On emploie encore un moyen assez singulier, très-délicat, mais dont l'habitude permet une précision suffisante; c'est la preuve *par l'eau*, ou *au boulé*. On prend 20 grammes environ de cuite, et on les plonge dans l'eau froide, en les roulant en boule, au même moment. Un sirop cuit résiste à cette épreuve sans se dissoudre de suite ni passer entre les doigts. Il disparaît promptement, au contraire, s'il est d'une densité trop faible ou trop peu cuit.

Ces caractères eux-mêmes varient avec la proportion et la nature des substances étrangères. Les betteraves donnent-elles au commencement de la campagne une bonne cuite à 112 degrés, les mêmes betteraves, après plusieurs mois de silos, n'arriveront pas au même point avant 114 degrés — 116 degrés. Les mêmes, conservées en jus chaulé, parviennent au même point à 112 degrés, comme les betteraves du premier jour, au moins, quelquefois à 111 degrés. C'est une des preuves les plus frappantes des bons effets de la *défécation à froid*, produite pendant une conservation un peu longue.

Digitized by Google

957. Les cuites en grains demandent une dextérité spéciale, une habitude éclairée.

Le problème à résoudre, comme l'a bien compris F. Lalouette, de Barberie, fabricant distingué à qui l'on doit cette intéressante méthode, est de donner à l'évaporation assez de lenteur, à partir du moment où des cristaux peuvent se former, pour grossir les premiers cristaux et ne pas en laisser produire d'autres. 1 kilogramme de sucre, par exemple, peut donner 1000 cristaux de 1 gramme ou 1 million de cristaux de 1 milligramme. Dans le premier cas, des cristaux de 1 gramme ont l'avantage de pouvoir être aisément extraits du sirop ou de la mélasse au milieu desquels ils ont été formés. Ils pourraient être enlevés un à un sans l'aide d'un instrument. Dans le second cas, les cristaux de 1 milligramme forment avec leur sirop une pâte compacte, *feutrée*, difficile à traiter pour en extraire ces petits cristaux, et exigeant l'emploi d'un moulin, avec toutes les suites fâcheuses dont nous parlerons (969).

958. Ce problème peut être résolu de deux manières distinctes :

1° En déterminant la précipitation des premiers cristaux par un refroidissement de quelques instants et distribué régulièrement dans toute la masse. Hâtons-nous de le dire, jusqu'à présent personne n'a suivi cette marche et personne peut-être n'y a pensé. Ce serait pourtant, je crois, la meilleure. J'espère le faire reconnaître, en la discutant, après avoir parlé de la marche habituelle. Voici comment je propose de l'exécuter : on ajouterait dans la chaudière, contre les parois, au-dessous du premier spiral de A, un serpentin de petit diamètre (0^{m},050) de deux tours, ou même d'un seul, dans lequel on ferait passer de l'eau froide au moment où le point de cuite est atteint, et sans rien faire de plus ou de moins (1). Une circulation d'eau froide ferait immédiatement déposer un grand nombre de cristaux rudimentaires, non pas sur le serpentin à eau, mais dans le sirop même, à cause du mouve-

(1) Le moyen de faire couler cette eau ne demande aucune description : l'eau employée doit être conduite au réservoir le plus voisin.

Digitized by Google

ment de la masse qui n'est pas interrompu. On ralentirait, peu à peu, le courant d'eau, pour faire baisser un peu la température de la cuite, et obliger la partie de sucre prête à se séparer de cristalliser sur les grains déjà déposés et de les grossir sans en former d'autres, jusqu'aux dimensions voulues; on n'introduirait pas de sirop très-aqueux dans une cuite dont la température est élevée, et s'élève de plus en plus, avantage dont j'ai plusieurs fois expliqué l'importance et sur lequel je n'ai plus à revenir.

2° Mais indiquons la méthode actuelle. Aussitôt le point de cuite obtenu, quel est le véritable état du sirop au point de vue de sa richesse en sucre : je le considère toujours comme amené à 90 de sucre et 10 d'eau. Par refroidissement à + 15 degrés, ce sirop abandonnerait 70 de sucre cristallisé, sucre de *premier jet*, et laisserait 30 de sirop saturé, contenant 20 de sucre pour 10 d'eau, ceci en admettant l'absence de toute *sursaturation*. Les dissolutions de sucre, même pur, ne sont pas exemptes de cette propriété. Les sirops de fabrication la possèdent au moins autant, et leur tendance est favorisée par la chaleur. Par conséquent, ces sirops peuvent rester dans l'appareil tout le temps du séjour nécessaire à l'évaporation, et pourraient y rester plus longtemps, sans donner de cristaux.

959. Deux moyens peuvent servir à faire cesser la sursaturation, l'introduction de cristaux déjà formés d'une part, et de l'autre le refroidissement.

Le premier moyen est rendu bien évident par l'inconvénient même dont la cuite en grains a été le terme, l'inconvénient du grand nombre de petits cristaux. En effet, la sursaturation d'un sirop, dont l'évaporation est poursuivie avec continuité dans une chaudière, finit par cesser à une limite. Un peu de sucre arrive à se déposer en cristaux. Or, à peine ces premiers cristaux ont-ils pris naissance, ils deviennent les agents de la désursaturation : ils déterminent tout ou presque tout le sucre dissous en excès à se précipiter brusquement, et par conséquent en petits cristaux. Alors le sirop se prend presque en masse, surtout si l'évaporation ne cesse pas, et en quelques instants la cuite est terminée. La conséquence

Digitized by Google

naturelle de ce *fait*, c'est l'introduction de cristaux déjà formés, d'une *amorce*, dans le sirop avant l'époque de sursaturation, facile à connaître par la densité. Ces cristaux ajoutés se répandent dans la masse, provoquent le dépôt immédiat du sucre, que l'évaporation progressive tend à rendre libre, et qui reste dissous par sursaturation. Les cristaux grossissent par ce dépôt, sans lui permettre d'en produire d'autres, et la cuite se continue en grains isolés par le tumulte de l'ébullition, mais grossissant continuellement à cause de l'impossibilité de sursaturation.

Le deuxième moyen, plus employé, seul employé même, consiste à refroidir le sirop. C'est ce qu'on fait (un peu comme M. Jourdain faisait de la prose) en introduisant du sirop faible et *froid* dans la cuite. Par lui-même ce sirop faible ne peut en rien favoriser la cristallisation ni l'accroissement de volume des grains, il ne peut que leur nuire. Introduit à la température du sirop de cuite, il dissoudrait les cristaux s'il y en avait de formés, et rétablirait toutes les chances de sursaturation; mais froid comme il l'est et introduit par parcelles, il détermine dans les points de premier *contact*, avant tout *mélange*, un premier effet d'abaissement de la température qui fait naître des cristaux; le mouvement rapide de l'ébullition entraîne ces cristaux dans la masse sirupeuse, où ils empêchent toute sursaturation et commencent de grossir, pendant que le sirop faible se mêle au sirop concentré, sans pouvoir en abaisser notablement le titre. On conçoit sans peine la prolongation de ces effets durant un temps assez long, le grossissement des premiers grains à mesure de la concentration, la non-formation de grains nouveaux à cause de la facilité de leur dissolution dans le sirop faible, au moment de son mélange avec le sirop concentré. En somme, et cela est bien clair, l'action du sirop froid vient de sa basse température; elle est combattue par sa propre dilution, et c'est ce qui exige du cuiseur une dextérité toute spéciale, pour maintenir l'équilibre entre deux forces contraires.

960. Ai-je besoin d'insister beaucoup, à présent, sur la méthode très-simple que je propose? N'est-il pas évident qu'un tube de circu-

Digitized by Google

lation d'eau froide aura les avantages de la méthode actuelle, et mettra le cuiseur tout à fait à l'abri des inconvénients? Cela saute aux yeux. La dépense est bien légère : elle sera vite remboursée par la facilité de trouver un cuiseur dans le premier venu par le temps gagné sur chaque cuite, etc. Rien n'empêchera d'alimenter, si l'on y tient, mais à la surface de la masse, et non dans sa profondeur centrale. Il sera bon de réduire le vide, et l'introduction de vapeur, en proportion de la grosseur du grain à obtenir, et en raison de la surface de chauffe. L'alimentation doit être faite avec la plus grande régularité. Dans mon système, il faut introduire la quantité de sirop faible dont l'eau est exactement égale à celle dont on produit l'évaporation.

Les sirops sont extraits au moyen d'une pompe. La pompe à sirops est toute semblable à la pompe à jus décrite (§ 814).

961. Un indice utile pour l'achèvement de la cuite en grains, c'est le malaxage d'une petite masse de sirop dans de l'eau froide avec les mains. Les grains résistent et le sirop peut se dissoudre rapidement dans cette épreuve si la cuite est au meilleur état pour le turbinage; sinon, l'on doit diminuer la vapeur de chauffage et augmenter l'alimentation par le sirop faible, jusqu'à rétablissement du degré de viscosité désirable.

962. La dépense de vapeur dans les trois serpentins de l'appareil à cuire serait très-grande, si les retours n'étaient modérés et réduits à leur minimum par un instrument connu des ouvriers sous le nom de *boîte à chagrin*, parce qu'il fut longtemps un objet de peine et d'ennui pour eux tout le temps de son emploi dans l'état où il nous vint d'Allemagne et avant les modifications qui l'ont rendu pratique. Il est représenté figure 205. C'est un tambour en fonte AB, dans lequel entrent les vapeurs des serpentins de la cuite, à leur sortie de cette chaudière, avec l'eau de condensation. Cette eau s'accumule autour d'un seau métallique SS', et le fait flotter avec assez de force pour appuyer son fond contre l'extrémité effilée V' d'un tube de dégagement V'UX. Les choses en cet état, l'appareil ne fonctionne plus;

Digitized by Google

la vapeur reste sur la surface de l'eau avec toute sa pression. Peu à peu l'eau augmente; elle atteint les bords du seau, les dépasse, et, tombant en S'V', augmente assez le poids du seau pour le faire tomber et dégager V'; alors l'eau et la vapeur s'échappent en X jusqu'au moment où le seau, redevenu assez léger, remonte encore fermer V', et ainsi de suite. Lorsque la vapeur est mêlée de beaucoup d'air, ou lorsque le seau est accidentellement collé contre V', la

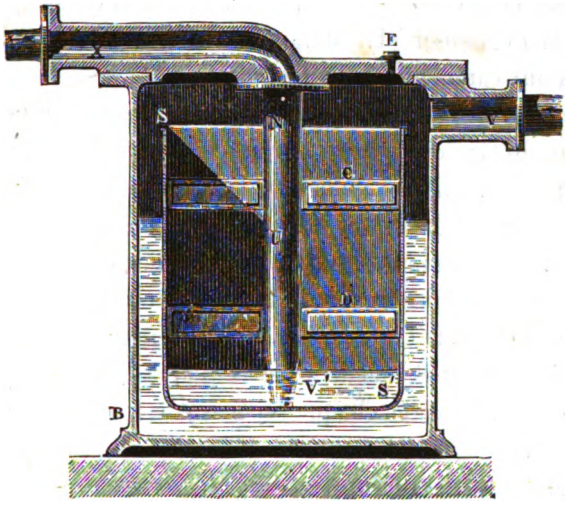


Fig. 205.

pression ne suffit plus à faire jouer le seau SS'; l'air fait tampon dans le tube V, l'eau n'arrive plus, ou presque plus, et la circulation de vapeur dans les serpentins serait arrêtée : un petit trou N, de 3 millimètres de diamètre, insuffisant pour laisser passer l'air avant une pression de 3 atmosphères, le laisse aller en X à cette pression, et le jeu de l'appareil continue. Si par accident ce trou est bouché, ce dont on est immédiatement averti par le silence de l'instrument, la cessation des chocs en V', ordinairement réguliers, on dévisse le tampon F, on fait échapper l'air, et on essaye de nouveau la marche. Si cela ne suffit pas, on arrête la vapeur, on dévisse tout le couvercle et on répare le mal. C,D sont deux guides pour maintenir le mouvement du seau parallèle.

Digitized by Google

963. L'achèvement de la cuite demande certaines modifications dont nous devons dire un mot : on en fait le *serrage* à chaud, ou à froid.— *Serrage à chaud*, on le préfère pour les bonnes cuites, afin de gagner du temps. Le degré presque obtenu, on ferme le robinet de sirop, et on ralentit la vapeur au point de laisser descendre le manomètre à 6 ou 8 dixièmes. Le vide augmente nécessairement et l'ébullition se maintient. Peu à peu la cuite se serre; il faut même en diminuer la viscosité par l'injection d'un peu de sirop à diverses reprises, la *déviscoser* (1). Malgré tout, elle reste chaude. On en juge la fin aux caractères indiqués.

Serrage à froid. — On la pratique pour les cuites que la chaleur colore. Aussitôt qu'on le peut, suivant le temps dont on dispose, on arrête complétement la vapeur, et, malgré l'augmentation du vide, proportionnelle à l'abaissement de température, on continue le travail sans chauffer; la masse est soulevée par l'aspiration de la pompe à air; on prend les épreuves, et le degré obtenu, on arrête la pompe, on rend l'air et on fait tomber la cuite. En général, au degré convenable, l'aspect du sirop sur les glaces, dont il est séparé par une *lame mince* d'air, après chaque secousse de la pompe, est caractéristique; il se produit une couleur bleu pâle, contrastant fortement avec la nuance brune de contact.

964. La conduite de l'appareil à cuire paraît soumise à des règles expérimentales, dont je crois bon de donner le résumé : à l'approche du point de cuite, pour la *cuite en grains*, qui doit être, en général, très-léger, on fait une large injection de sirop en ouvrant le robinet presque en grand pendant trois ou quatre secondes, et le fermant ensuite, de manière à continuer un petit filet seulement. Le manomètre tombe, et on ne le laisse pas dépasser 3 dixièmes; de 3,5 atmosphères où il se trouvait, on le laisse descendre à 3,2 ou 3,15 tout au plus. Naturellement la masse devient plus fluide, et l'inspection du bouillon permettrait même de juger à quel point l'injection est suffisante. Au bout de quatre ou cinq mi-

(1) On dit *dégraisser;* déviscoser n'a pas une lettre de plus

Digitized by Google

nutes, on commence à voir le grain sous les glaces, surtout au faux jour; à partir de ce moment, il faut entretenir le vide entre 48 et 52 centimètres, et la vapeur à 3,2 atmosphères ou 137 degrés. Ce qui vaut mieux, c'est d'entretenir la même fluidité de la masse; le cuiseur doit veiller surtout au bouillon et augmenter, s'il lui convient, le degré de vide, en diminuant la vapeur, au moins en commençant; car une fois le grain formé, le meilleur, pour le bien nourrir, c'est d'entretenir à peu près les conditions de température et de fluidité du sirop; l'évaporation force du sucre à se séparer et les grains se nourrissent, sans en laisser former d'autres, si les conditions dont nous parlons ne sont pas notablement ni surtout brusquement modifiées. Si le manomètre monte et en même temps le degré du vide, il est certain que la cuite se serre; s'ils baissent en même temps, c'est que le sirop afflue en trop grande abondance. Parfois le vide monte et le manomètre descend : ce sont les générateurs qui sont mal alimentés, ou le mouvement de la pompe à air rendu trop rapide. Parfois c'est le contraire, si le mouvement de la pompe à air est ralenti ou le chauffage des générateurs trop pressé. On reconnaît facilement les causes de ces changements, avec un peu d'habitude du travail et des appareils; il est aisé d'y remédier sur-le-champ. Il importe, quand le grain est formé, de ne pas le dissoudre par une trop grande affusion de sirop; il faudrait perdre beaucoup de temps pour rétablir les conditions favorables avec netteté.

965. On peut déterminer la naissance du grain par un moyen simple : on ouvre le robinet *b* de l'éprouvette, et on y fait le vide : puis on apporte sous le robinet *d* une poche en cuivre remplie de sucre tout formé (venant des turbines), délayé à l'instant avec un peu de sirop froid (D = 1200 ou 20 degrés du densimètre); on ferme alors le robinet *b* et on ouvre *c*; tout le contenu de la poche est aspiré par le sirop de cuite, et à l'instant la prise en grains a lieu dans toutes les parties de la masse.

La cuite est recueillie dans des bacs proportionnés à sa capacité, nommés *rafraîchissoirs*.

Digitized by Google

966. On juge l'état du sirop par la sonde B, représentée plus en grand figure 206. C'est une tige cylindrique en bronze B, munie d'une poignée P et creusée en A, d'une capsule où peuvent tenir 20 ou 25 centimètres cubes de sirop; cette tige glisse à frottement dur et sert en outre comme enduit pour conserver le vide.

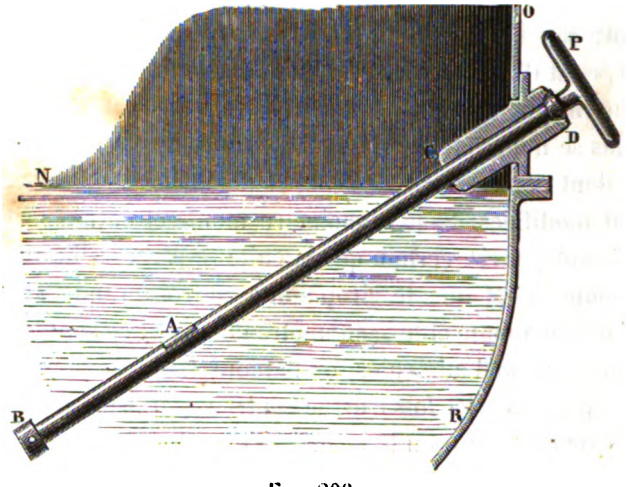


Fig. 206.

967. Elle y séjourne huit à dix heures au moins : le serrage augmente par ce refroidissement, le grain achève de se former, et la masse cuite devient bonne pour la turbine.

968. Le rendement en sucre de cette première masse cuite est évidemment la première question à étudier maintenant. Cette question est complexe; mais la première partie de la réponse est non moins évidemment la description des moyens employés pour extraire le sucre cristallisé le plus pur possible, le mieux séparé de la mélasse où il est noyé.

Les masses cuites, réduites à 10 pour 100 d'eau, présentent, même dans des conditions en apparence identiques, c'est-à-dire avec les mêmes betteraves, le même mode de travail, etc., des différences très-grandes; les variations de qualité de la chaux, les accidents du travail, depuis le râpage jusqu'à la cuite, tout concourt

Digitized by Google

à donner à la masse cuite un aspect et une structure très-divers; mais ce qui arrive souvent, c'est une soudure des grains en quelque sorte, et la formation d'une masse plus ou moins compacte très-impropre au turbinage. Cet effet se produit toujours quand la cuite est très-serrée; la masse réduite à 5 ou 6 pour 100 d'eau, la densité portée à 1510 ou 1520. Ce n'est plus une pâte, c'est un bloc solide qu'on obtient; la mélasse étant même capable de se dessécher en un solide vitreux.

969. L'extraction du sucre d'une pareille masse exige une première opération, le malaxage avec un peu de sirop moins cuit, pour

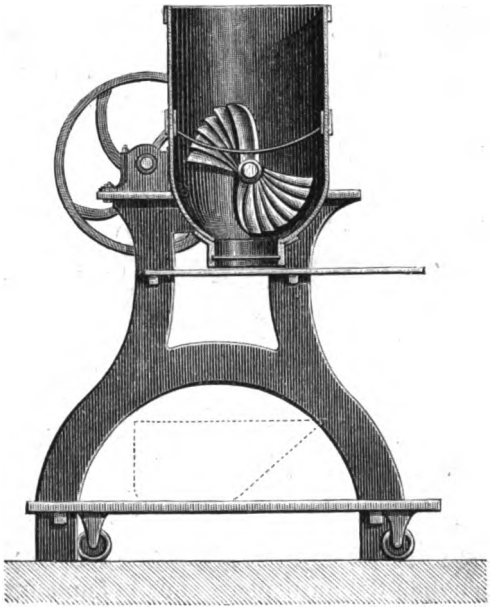


Fig. 207.

rendre à la partie mélassique une fluidité suffisante à son passage au travers du tamis des turbines. Ce malaxage est fait dans l'appareil représenté figure 207. On verse la masse dans une trémie au fond de laquelle tourne une sorte de peigne dont les dents consécutives fixées suivant des diamètres inclinés d'environ 10 degrés l'un sur

Digitized by Google

l'autre passent en tournant entre les tiges un peu courbées d'un gril sur lequel la masse est soutenue; ce mouvement écrase la cuite et la broie sans trop altérer les cristaux.

Ces vases contiennent de 20 à 30 kilogrammes de pâte, deux hommes les enlèvent pendant que deux autres les remplacent.

Schreiber emploie une disposition un peu différente.

Ce moyen de diviser la masse cuite entraîne des inconvénients sérieux; il augmente la proportion des grains fins, de ceux qui peuvent être entraînés par le sirop, au travers des mailles de la turbine; dans certains cas cette augmentation est assez grande; il faut des cuites peu serrées et des grains nerveux pour l'éviter, au moins en grande partie.

970. La masse cuite, remise ainsi en pâte suffisamment molle, on la porte aux turbines dans des vases métalliques, à deux anses, portant les noms de seaux, bassins, vases d'empli, etc., etc. (fig. 208).

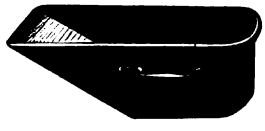


Fig. 208.

971. Les turbines, dont l'application à la sucrerie est due à Seyrig (1850), peuvent être de divers systèmes. Les plus répandues en France sont celles de la maison Cail. Elles diffèrent de celle dont j'ai donné la description (§ 749) par la manière de les mettre en mouvement; au lieu d'un axe placé sous le tambour, elles ont le leur prolongé en dessus au travers d'un pont métallique.

Ce pont est représenté par M,M (fig. 209); l'axe B,S le traverse; il repose sur un chapeau P avec crapaudine E; à son extrémité supérieure B il est revêtu d'un cône de cuir ajusté très-exactement suivant le bord d'une roue C pleine en fonte polie, de même largeur que la génératrice du cône. Cette roue fixée sur l'arbre E,F reçoit le mouvement au moyen de la poulie D (accompagnée de sa poulie

Digitized by Google

folle) ; elle presse le cône de cuir à la volonté du turbineur qui peut combattre plus ou moins l'action du ressort R appuyé sur le bout de l'axe E en tournant dans le sens convenable la vis de ser-

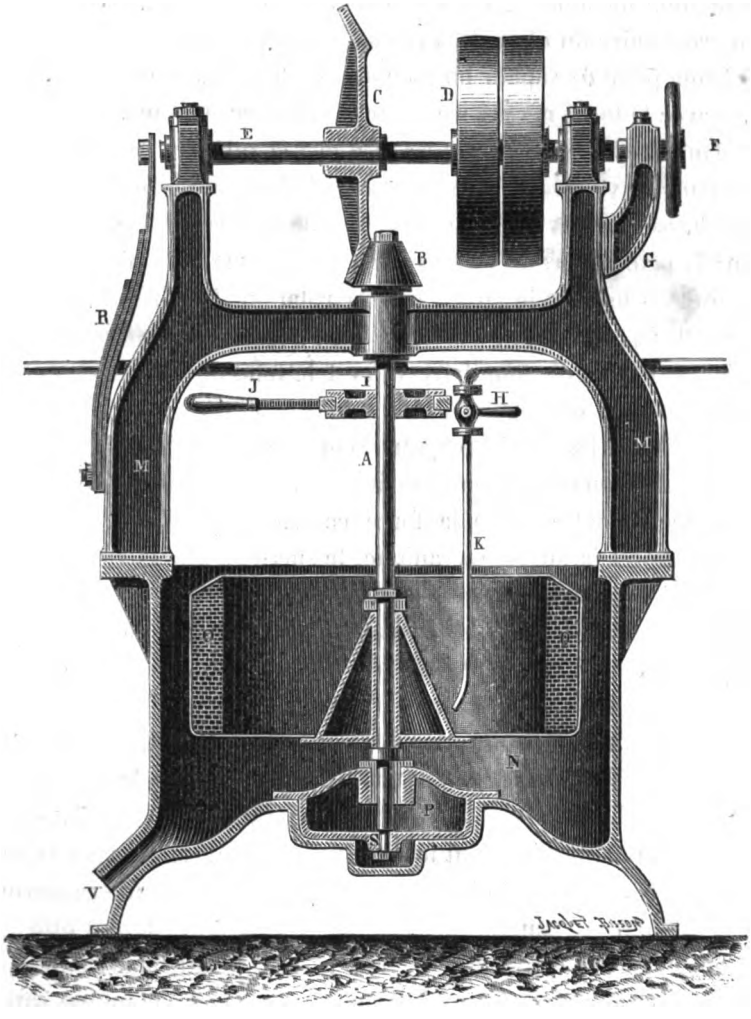


Fig. 209.

rage dont la tête est une roue F. Ce mécanisme simple permet de donner, avec une souplesse extrême, une vitesse plus ou moins

Digitized by Google

grande, depuis zéro jusqu'à 1500 tours par minute, ou même plus, et d'obtenir une force centrifuge énorme. Le tambour, formé sur son contour cylindrique d'une tôle perforée, intérieurement revêtue d'une toile métallique, est solidement attaché à l'axe vertical par l'intermédiaire du cône de fonte sur lequel est dirigé le tube H,K, lié à une prise de vapeur horizontale. Un frein I,J permet de serrer l'axe avec la force nécessaire pour l'empêcher de tourner et l'arrêter dans sa plus grande vitesse. On met la turbine en mouvement très-lent, on y verse de la masse cuite pétrie et on desserre la roue F, pour laisser agir la force du ressort et donner la plus rapide évolution; la pâte est projetée contre la toile métallique, y laisse tout son grain et abandonne le sirop, que la rotation du tambour projette contre les parois verticales de la cuve; ce sirop coule ainsi, tout entier, par la rigole annulaire qui est le fond de cette cuve autour du chapeau P; il s'écoule, par la tubulure V, dans un caniveau qui le conduit aux bacs à sirop (pour l'empli ou dans l'empli). Aucune parcelle de la masse ne peut sortir du tambour; les bords rabattus contiennent tout ce que la force centrifuge pourrait lancer au dehors. Après la purge mécanique, le sucre en grains reste encore imprégné de sirop et plus ou moins coloré; on peut le blanchir, au moins en grande partie, en ajoutant le clairçage au turbinage simple. Ce clairçage peut être effectué de plusieurs manières : 1° avec un liquide; 2° avec une vapeur ou un gaz.

Clairçage par un liquide. — Il est bon que le liquide ne dissolve pas le sirop ni le sucre, mais puisse expulser le sirop tout entier. Une dissolution concentrée de sucre dans l'eau parfaitement incolore serait certainement le meilleur liquide; jetée dans la turbine, sur le contour du cône dans le tambour, avec une casserole, cette dissolution pourrait chasser le sirop coloré devant elle, au travers des grains, et rendrait ceux-ci tout à fait blancs, si leurs lamelles cristallines ne renfermaient pas de sirop par interposition et pouvaient en être entièrement dépouillées. Mais ce moyen coûte cher; il faut une quantité de clairce assez grande et il est facile de comprendre combien la dépense est lourde; n'en fallût-il pas plus de la moitié du volume du sirop coloré, le prix de la clairce serait

Digitized by Google

déjà trop onéreux. En effet, pour chasser 20 litres de sirop, s'il en faut 10 de clairce, renfermant au moins 6 kilogrammes de sucre blanc, il est facile de voir que ces 6 kilogrammes coûtent 0 fr. 70 en moyenne, soit 4 fr. 20, et sont réduits, par leur mélange avec le sirop coloré, au prix de ce sirop, soit 10 litres à 35 francs ou 3 fr. 50; ils ont donc perdu 0 fr. 70. Or, s'il faut, au lieu des 10 litres de clairce, 10, 20, 30 litres d'eau, même, le sirop coloré, poussé par ce liquide au dehors de la turbine, n'a pas perdu, à beaucoup près, autant de sa valeur. Il est toujours le même, pour sucre et non-sucre; il est diminué simplement de la valeur du charbon nécessaire à l'évaporation de l'eau ajoutée, c'est-à-dire 1/6 de 30 litres, ou kilogrammes, soit 5 kilogrammes, qui à 3 centimes ne valent pas plus de 15 centimes. C'est loin de 3 fr. 50.

Aussi le turbinage est-il généralement fait à l'eau pure; on la verse froide sur le cône du tambour, pendant le mouvement rapide, et la force centrifuge, en la distribuant sur le grain, élimine promptement le sirop coloré, plus ou moins étendu.

Tout autre liquide ne surpasserait certainement pas l'eau pure employée au turbinage. Une seule condition peut être changée dans son emploi, la température; au lieu de la verser froide, il est bon de la prendre chaude, de 45 à 60 degrés. Elle coûte un peu plus, mais il en faut moins; la compensation est parfaite. On comprend, bien aisément encore, que l'eau chaude ramollit le sirop, qui serait sans elle, sans la chaleur, visqueux, au point de ne pas céder à la force centrifuge. L'eau chaude peut donc rendre le sirop plus fluide, rendre ainsi son expulsion plus facile et la compléter aisément, par dissolution. Toutefois ce moyen a un mauvais côté; plus le sucre est clairé, plus l'action de l'eau chaude, sur le grain lui-même, est sensible; on en dissout promptement et on retombe ainsi dans l'inconvénient décrit tout à l'heure. Il faut beaucoup de tact, de la part du turbineur, pour conserver tout l'avantage économique.

Clairçage par vapeur ou gaz. — La vapeur donne un moyen d'employer l'eau chaude avec une économie sensible. Au lieu de 100 kilogrammes d'eau à 50 degrés, descendant seulement à 30 degrés et perdant 2000 calories, il suffit, *au point de vue de la cha-*

Digitized by Google

leur, de moins de 4 kilogrammes de vapeur perdant chacun 535 + 70 = 605 calories, soit 2420. La vapeur développe par sa condensation, dans un petit espace, toute sa chaleur latente, et échauffe le plus possible la partie du sucre comprise dans cet espace; le sirop lui-même est fortement chauffé, rendu très-fluide et facilement expulsé. Par ces deux causes, le turbinage à vapeur donne de bons résultats, mais un peu coûteux. Il est d'ailleurs facile, au moyen du tube HK.

Au lieu de vapeur, on a essayé l'air chaud; on espérait de cette manière échauffer le sirop, le rendre assez fluide pour obtenir son expulsion rapide et ne pas dissoudre le grain. On arrive à ce dernier résultat; mais le sirop lui-même, au lieu de couler tout entier, se concentre, se dessèche sur le grain, et maintient une coloration qui peut même être augmentée. — Cette méthode a dû être abandonnée.

Les turbines demandent une application soutenue des hommes chargés de leur emploi ou de leur surveillance; elles exposent à de grands dangers. La rupture de l'équilibre du tambour, celle plus dangereuse encore de la cuve et la projection des fragments de cette dernière à de grandes distances, c'est-à-dire avec une grande force; la chute d'un corps étranger dans l'intervalle, entre le tambour et la cuve, suffit pour causer les plus terribles accidents. Il n'est pas sans exemple que plusieurs personnes aient été tuées, du même coup, par l'éclatement d'une seule turbine. Une clef en fer, une simple brosse, etc., ont été des agents de destruction assez puissants pour amener de tels effets. Je dois donc recommander les plus grandes précautions. J'ai souvent conseillé une chose simple, peu coûteuse et très-apte à réduire le danger; c'est d'entourer la cuve d'une forte tôle, ou d'un cordage (goudronné) dans toute la hauteur.

972. *Rendement des masses cuites.* — Peut-on savoir à l'avance quel sera ce rendement? Rien n'est plus difficile. Théoriquement, et en considérant les sirops comme formés de sucre pur et d'eau, l'évaluation est simple. Nous avons vu comment la masse cuite à 10/100 d'eau donne, du *premier jet*, 70 de sucre cristallisé, en laissant

Digitized by Google

30 de sirop. Passons, pour un instant, sur la difficulté d'isoler les 70 de sucre et voyons ce que sera le deuxième jet, — obtenu par la cuisson des 30 de sirop égouttés du premier. — Nous cuirons, comme la première fois, à 10/100 d'eau, ce qui nous donnera 70/100 de sucre, c'est-à-dire $70 \times 30/100 = 21$ de sucre, et ainsi de suite. Ainsi envisagé, le rendement des jets successifs serait une progression géométrique décroissante, dont la raison est 30/100 ou 0,3, puisque 100 de sirop en laissent 30, et dont la formule connue permet de calculer tous les termes; les rendements des jets successifs en sont déduits facilement, puisqu'il suffit de multiplier les premiers par 70/100. On trouve ainsi :

	Sirop ou masse cuite.	Rendement.	Total.
1er jet.....	100	70	70
2e.....	30	21	91
3e.....	9	6.3	97.3
4e.....	2.7	1.89	99.19
5e.....	0.81	0.568	99.757
6e.....	0.243	0.1701	99.9271
	etc.	etc.	

Ainsi, dès le quatrième jet, on aurait obtenu un peu plus de 99/100 du sucre.

Ce calcul suppose l'extraction totale du sucre et à l'état sec, non imprégné de sirop; évidemment il n'en peut être ainsi. Le sucre cristallisé retient du sirop et jamais moins de :

3 à 5/100 après turbinage à la vapeur,
10 à 12/100 après turbinage à la claire.

Considérons le cas de 10 pour 100, (celui de 3,33/100 d'humidité). — Le rendement est alors bien changé : 100 de masse cuite, première, donnent, non pas 70, mais 77,8 de sucre, et laissent 22,3 de sirop pour le deuxième jet. Le tableau devient :

	Sirop ou masse cuite.	Rendement.	Total.
1er jet.....	100	77.8	77
2e.....	22.2	17.272	95.072
3e.....	5.228	3.834	98.906
4e.....	1.044	0.851	99.757
5e.....	0.2429	0.189	99.946
6e.....	0.0539	0.042	99.988

Digitized by Google

Le changement, bien sensible pour les premiers jets, est très-faible pour les derniers. Si nous ajoutons l'influence des matières étrangères dont nous n'avons pas encore parlé, influence tantôt cristallogénique et tantôt contraire à la cristallisation, nous comprendrons, de suite, pourquoi dans l'industrie nous trouverons des résultats différents parfois de ces résultats théoriques, et toujours très-variables. — Avant d'apprécier ces résultats d'une manière générale, il importe de faire observer la distinction nécessaire entre les deux formes d'évaluation employées dans les fabriques.

973. Beaucoup de personnes ne donnent pas les chiffres de rendement en centièmes du poids de la masse cuite, comme dans le calcul ci-dessus, mais simplement en kilogrammes, dont le nombre est rapporté à l'hectolitre de masse cuite (le poids de cette masse n'est pas indiqué le plus souvent). De là une confusion à laquelle on n'échappera pas toujours aisément et que nous devons éviter. Tel fabricant obtient 83 kilogrammes par hectolitre en premier jet. Ce poids de 83 kilogrammes est loin d'exprimer un nombre de centièmes, puisqu'il se rapporte à un hectolitre de masse cuite dont le poids peut varier de 141 ou 142 kilogrammes à 150 ou 151.

Avec 141 kilogrammes, le rendement est 83/141 ou 58.86/100
Avec 151 kilogrammes, le rendement est 83/151 ou 54.97/100

On voit combien il est nécessaire d'exprimer les rendements en centièmes du poids.

L'expérience montre une variabilité très-grande. En voici quelques exemples :

1ers jets...	68.8	58.3	79.0	85.5	46.0	62.1	76.2
2es.....	7.9	6.9	12.3	8.4	18.2	16.4	12.6
3es.....	3.3	2.8	3.0	1.2	4.7	7.3	6.7
4es.....	3.6	1.8	0.2	0.3	3.1	3.8	0.1
	83.6	69.8	94.5	95.4	72.0	89.6	95.6

Dans le premier cas on a pu extraire 69,8, et dans le dernier 95,6 centièmes du poids de la masse cuite. On se rend aisément compte

Digitized by Google

de ces différences en mesurant la quantité des matières étrangères, contenues dans les sirops, matières dont le calcul précédent ne parle pas. En général, on observe dans les masses cuites, l'existence de 10/100 de sels et matières organiques, autres que le sucre, et dont nous avons fait connaître les principaux (§ 585 et suivants). Voici le tableau des produits successifs du turbinage simple, *sans clairce* et de leur composition :

	1	2	3		4
	Sucre.	Cendres.	Matières organiques.	Total de 2 et 3.	Eau.
Masse cuite, 1er jet.....	81.00	5.00	4.00	9.00	10.00
Sirop égoutté de cette masse..	57.00	8.00	15.00	23.00	20.00
Masse cuite de 2e jet.....	64.12	9.00	16.875	25.875	10.00
Sucre de 2e jet (sans clairce)..	68.51	8.72	16.28	25.00	6.49
Sirop égoutté de cette 2e masse.	46.58	10.12	19.24	29.36	24.06

Il faut voir dans ce tableau une indication propre à faire comprendre l'*influence de quantité*, des matières étrangères, dans un travail purement théorique — turbinage sans clairce — et pas autre chose. D'une masse cuite, ordinaire, avec les betteraves, ayant la composition de la première ligne, on tirerait, par un turbinage sans clairce, ou simple égouttage forcé, dû à la seule action centrifuge, on tirerait des produits constitués suivant les nombres de ce tableau; la masse cuite pour deuxième jet, à 10/100 d'eau comme la première, pesant 142 kilogrammes l'hectolitre.

974. Les produits réels de l'industrie ne suivent pas cette marche ; on ne turbine pas à sec sans clairce ; l'action centrifuge étant insuffisante pour *purger* les sucres du sirop dont ils sont imprégnés, on aide le travail par l'emploi d'une *clairce*, ou sirop plus fluide, peu coloré, bien plus capable de céder à la force centrifuge et d'entraîner le sirop de cuite visqueux et de couleur foncée. On prépare la clairce en faisant dissoudre, dans de l'eau pure, assez de sucre blanc, venant des turbines, pour donner la densité 1265 ou 26°,5 du densimètre. — Suivant le degré de blancheur à obtenir, on fait usage de sucre plus ou moins blanc ou même de sirop d'une cuite antérieure, etc. — Pendant le turbinage, presqu'à la fin, on verse deux à trois litres de clairce sur le cône intérieur de la turbine, avec

Digitized by Google

le soin de la faire jaillir uniformément sur toute la hauteur du sucre et en plusieurs fois. Ce sirop dissout plus facilement la partie sirupeuse que les grains; il passe promptement entre ces derniers, blancs en eux-mêmes, et les débarrasse de la presque totalité du sirop coloré dont il prend la place. En quelques secondes, un sucre très-brun devient ainsi d'un blanc presque pur.

978. Ici nous devons dire comment les sucres ont été classés, pendant longtemps, dans le commerce : on regardait la nuance comme un indice exact de la pureté. Sur cette base, dont nous verrons la fragilité, tout le monde commercial avait accepté, en France et au dehors, la classification en 23 types, depuis le numéro 1, sucre très-coloré en brun foncé, jusqu'au numéro 20, sucre le plus blanc parmi les produits ordinaires, et aux numéros 21, 22 et 23, montant avec le degré de beauté des sucres extraordinaires. — Plus tard, le besoin de simplicité à tout prix, dont les transactions commerciales prennent la satisfaction à peu près sans réflexion ni mesure, a entraîné l'abus de la suppression du premier chiffre dans les numéros 21, 22, 23 et les a fait nommer 1, 2, 3 comme les sucres de la plus basse qualité ! Puis on a reconnu l'inutilité de nuances aussi nombreuses, on a confondu en une seule les 6 nuances inférieures, de 1 à 7, ensuite celles de 7 à 9 inclusivement, puis celles de 10 à 13 inclusivement, etc. On a réduit les 23 nuances à 8, de différences inégales ; en voici le tableau :

N° 23 ou n° 3 blanc,	1re	qualité d'après la nuance..		Sucres extraordinaires.
22 — 2 —	2e	—	—	
21 — 1 —	3e	—	—	
N°s 20 à 15 —	4e	qualité d'après la nuance..		Sucres ordinaires.
13 à 14 —	5e	—	—	
10 à 13 —	6e	—	—	
7 à 9 —	7e	—	—	
1 à 5 —	8e	—	—	

Même réduite à ce petit nombre de termes, l'évaluation des sucres par les nuances est tout ce qu'il y a de plus chimérique. Un 7-9, jugé de 7e qualité par sa nuance, peut être préférable à un numéro 3

Digitized by Google

ou 2 (blancs) par sa pureté réelle. Nous en verrons des exemples. — Pour le moment, ces indications de nuances nous serviront à abréger ce qui nous reste à dire de produits comparables par leur nuance, parce que, leur origine étant certainement la même, les variations de nuances sont en raison directe de la purification à laquelle ils ont été soumis.

976. Les masses cuites, turbinées et claircées, comme nous l'avons dit tout à l'heure, fournissent des sucres plus ou moins purs. suivant la proportion et la nature de la clairce. On fait le clairçage tantôt simple, tantôt double; dans ce dernier cas, la première clairce est ordinairement moins pure et plus colorée que la deuxième. On a essayé d'autres procédés de clairçage, *à la vapeur*, à l'air chaud, etc., comme nous venons de le dire. Nous devons encore parler de ces procédés avant d'aller plus loin.

977. *Clairçage à la vapeur*. — Cette méthode est fréquemment employée; presque toutes les turbines sont munies d'un tube semblable à AA de la figure 209. En ouvrant le robinet A, au moment où la force centrifuge paraît presque épuisée, l'ouvrier lance un jet de vapeur sur le sucre, et il est facile de comprendre la purification produite; la vapeur est condensée en une eau pure et chaude. Cette eau se mêle avec le sirop de cuite, l'*étend*, le rend plus fluide et capable de céder à l'action centrifuge. Malheureusement cet effet ne peut être obtenu sans toucher au grain lui-même; la chaleur latente de la vapeur, abandonnée au moment de sa condensation est si grande que sucre et sirop sont échauffés à la fois. Le grain chaud, baigné d'eau chaude, est rongé à sa surface, il forme la clairce blanche sur place, pour succéder à la clairce brune formée avec le sirop brun. En poussant l'effet de la vapeur suffisamment loin, on arrive à enlever toute la partie colorée de la masse cuite et à conserver un reste de grains absolument incolores de numéro 3 blanc parfait. — Seulement le déchet est plus grand qu'avec les clairces froides, même terminées par une clairce à l'eau pure. — Quelques fabricants ont essayé de lancer la vapeur à l'extérieur du tamis entre

Digitized by Google

ce tamis et le cylindre de fonte ou cuve. On ferme celle-ci avec un couvercle de deux morceaux; la vapeur rabattue dans le tamis se condense uniformément et en proportion moindre, croit-on; toute la masse sucrée serait mieux chauffée, le passage de la clairce plus rapide, son effet plus complet, et l'on ne dissoudrait pas de sucre. Ce dernier point est évidemment inexact; les faits dont j'ai connaissance ne permettent pas d'attribuer une supériorité quelconque à ce genre de travail.

978. *Clairçage à l'eau pure.* — En général on ne pratique pas le clairçage entier de cette manière, mais souvent après l'action de la clairce à 26°,5 densimètre; on termine en injectant une petite quantité d'eau pure. Il est inutile de donner le moindre commentaire d'une opération évidemment très-efficace. Elle a un danger: la dissolution du grain et la nécessité d'une évaporation plus grande.

La nécessité de l'eau, ou d'une clairce de densité très-inférieure à celle du sirop de cuite, n'est pas démontrée. Le clairçage a été longtemps pratiqué, pour le sucre de canne, avec un sirop de densité au moins égale; le *terrage* produisait certainement une densité maximum. On peut donc faire usage de clairces très-denses, aujourd'hui surtout, avec l'aide de la force centrifuge; les deux conditions à suivre sont une absence de coloration complète et une pureté très-grande; la première condition est bonne à observer, en tout état de cause : on recherchera toujours les sucres peu colorés; la seconde est essentielle en un temps où le coefficient de pureté joue un rôle commercial décisif. Claircer un sucre à 4/100 de cendres avec une clairce à 5/100, parfaitement incolore du reste, serait une opération contraire au bon sens.

979. *Clairçage à l'air chaud.* — Une méthode destinée à produire les bons effets de la vapeur sans les inconvénients a été proposée par Vivien (1). De l'air foulé par une pompe dans des tubes contournés en spirale, placés à la voûte du foyer ou des carneaux,

(1) Brevet n° 95394. — *Cours de sucrerie*, p. 513.

Digitized by Google

suivant la longueur des générateurs, est amené aux turbines et lancé dans les tamis couverts. Sa température de 100° à 130° réchauffe la masse sucrée, fluidifie le sirop en dissolvant le minimum de sucre et permet une purge assez avancée. L'effet ne peut être complet ; en outre, il est difficile d'éviter un excès de température, et au delà de 130° le sucre se caramélise. L'altération est très-forte à 145°. Cette méthode n'a pas eu le succès espéré.

980. *Clairçage à l'alcool*, etc. — Enlever la totalité des sels est l'idéal de la fabrication. Malgré le haut prix de certains liquides, leur inflammabilité, etc., leur impuissance de dissoudre le sucre et leur faculté de dissoudre les sels ont décidé leur essai pour le clairçage. L'alcool diénique, à 5/100 d'acide acétique, peut servir à l'analyse d'un sucre (§ 379) ; on l'a employé dans les turbines. Les résultats sont bons, mais la perte du liquide est grande, même avec une installation d'appareils spéciaux pour le recueillir par distillation, ce qui entraîne de grandes dépenses de construction et d'entretien ; il est difficile de réduire les pertes et les frais à l'équivalent du bénéfice donné par la pureté du sucre. La présence de l'acide acétique entraîne d'autres inconvénients sur lesquels nous pouvons ne pas insister. L'alcool ordinaire saturé de sucre a été essayé sans avantage. Nous verrons, en étudiant le raffinage, d'autres procédés sans emploi de l'action centrifuge.

981. L'utilité du clairçage est toujours grande, c'est évident ; mais elle ne consiste pas seulement à décolorer le sucre et lui donner un aspect plus favorable, ce qui serait à peu près inutile, puisque le sucre va toujours au raffinage, ou presque toujours ; elle est surtout précieuse en diminuant le coefficient salin ; voici un exemple pour le bien faire comprendre :

Une masse cuite de troisième jet (l'exemple en est plus frappant, ces masses contiennent beaucoup de matières salines), a présenté les résultats suivants : Divisée dans l'empli en deux parties, celle du fond sirupeuse, et celle du sommet presque égouttée, elle a subi pour chacune de ces parties, à peu près par moitié, d'une part le

Digitized by Google

clairçage ordinaire (égout de deuxième jet à D = 1200), et d'autre part un clairçage double, c'est-à-dire un premier clairçage ordinaire comme pour la première moitié, puis un deuxième clairçage à D = 1140 :

	Sucre brut.	Sucre réel.	Sels.
585k.9 qui, claircés une fois, ont donné...	198k.35	90k.0	2k.24
594k.2 qui, claircés deux fois, ont donné..	185k.8	92k.75	1k.62

Le lendemain la masse au sommet du même bac, moins sirupeuse, a permis d'obtenir :

	Sucre brut.	Sucre réel.	Sels.
600k.4 qui, claircés une fois, ont donné.	121k.5	90k.0	2k.34
571k.25 qui, claircés deux fois, ont donné..	101k.65	92k.5	1k.44

On voit combien la différence est sensible. Dans le premier cas, le coefficient 2,34/90 = 2,6, après clairçage simple, est abaissé à 1,44/925 = 1,557, après clairçage double.

Dans le second cas, de 2,24/90 = 2,49 après clairçage simple, on arrive à 1,62/92,75 = 1,747 après clairçage double.

982. Le sucre en grains au sortir des turbines, est prêt, non pas pour la consommation, mais pour le raffinage. On a fait de grands efforts, depuis nombre d'années, pour éviter ce raffinage et fournir aux consommateurs des *poudres blanches* immédiatement acceptables. On n'a pas réussi. L'emploi du sucre en poudre (en grains) n'est pas, par lui-même, impossible; en France, on a l'habitude des morceaux; mais, peu à peu, cette habitude disparaîtrait et laisserait adopter les poudres, comme en Angleterre et autres pays, où leur usage est général. Ce qui nuit à cet usage, en France, c'est le mauvais goût dont on ne peut débarrasser les plus belles poudres blanches de fabrique (celles de betteraves surtout), par un turbinage et un clairçage quelconques. Les produits de décomposition des matières albuminoïdes par les alcalis ne peuvent être enlevés complétement; il en reste fort peu, mais il en reste assez pour donner à l'eau sucrée, ou même aux aliments sucrés, une saveur désagréable. Aucun moyen de clairçage n'a pu et ne peut triompher de cette difficulté.

Digitized by Google

Les cuites acides dont nous parlerons un peu plus loin (Procédés divers, chap. XIV) n'ont pas ce mauvais goût et donnent des poudres fort acceptables pour le consommateur; malheureusement leur adoption n'est pas encore établie et ne le sera peut-être jamais. On ne peut donc compter sur leurs produits.

983. On a essayé tous les modes de clairçage; le plus économique et le plus logique, recommandé par Barreswil, est l'emploi d'une clairce faite avec une belle qualité du sucre de cannes, même de la bonne quatrième, d'un goût pur; cette clairce élimine tout le sirop de betterave, le remplace par du sirop de canne d'un goût agréable, et la purification pourrait être complète si les grains ne contenaient pas, entre leurs lamelles, un peu de sirop de betterave que la clairce de canne ne peut atteindre. Il est donc impossible de produire un raffinage suffisant des poudres de betterave sans une *refonte*, qui est la base du raffinage proprement dit.

984. Le sucre des turbines doit être mis de suite en magasin pour le commerce. Il doit être soumis au raffinage, et il l'est à bien peu près en totalité; une petite partie seulement est livrée à des consommateurs spéciaux.

Aujourd'hui, la méthode générale d'emmagasinage est basée sur la mise en sacs; aussitôt après le turbinage, un *ensacheur* vide les turbines, porte le sucre dans un sac taré, posé sur la bascule et le charge de 100 kilogrammes *net* (1). C'est l'unité commerciale, le *quintal métrique*. On achète un nombre de sacs. On évalue la puissance d'une fabrique par le nombre de sacs produits dans une campagne. Les plus petites font 4 à 5 mille sacs; les plus fortes produisent 30, 40, 100 000 sacs.

(1) Je n'insiste pas sur la mise en sacs; un mot seulement. C'est une des parties de la fabrication qui exige des soins attentifs. L'entretien de la propreté des turbines est une condition nécessaire, non-seulement dans les tambours, mais au dehors, où se placent les sacs : le contour de la cuve doit être parfaitement débarrassé de sirop, tenu bien net et bien sec, afin de ne pas exposer la surface du sac à une imprégnation de sirop qui change la tare, devient promptement humide, amène des fermentations, etc. Il faut d'ailleurs ne pas laisser tomber le

Digitized by Google

988. Les magasins destinés à contenir le sucre doivent être secs et leur température entretenue un peu élevée, + 15 degrés au moins. Les sacs tenus debout et rangés en ligne sont adossés les uns aux autres. Le sol du magasin où le grain peut tomber et sur lequel on vide souvent un plus ou moins grand nombre de sacs, pour opérer des mélanges et les abandonner pendant un temps, quelquefois très-long, doit nécessairement être uni, continu, d'une matière imperméable, facile à entretenir propre et sèche. Le mieux parait être de le construire au moyen de charpentes en fer, soutenant une maçonnerie de plâtre et briques creuses, recouverte d'une couche de bitume ou de ciment de Portland. Ces deux revêtements se prêtent au balayage, ou même au lavage, et ne peuvent diminuer en rien la qualité des sucres.

Dans le cas où les sacs doivent être immédiatement vidés pour faire des mélanges, il n'est plus nécessaire de les charger à 100 kilogrammes on met seulement demi-charge, 50 kilogrammes, pour faire en même temps un compte facile et un transport rapide. Le mélange est fait sur le sol même, à l'aide de pelles et de râteaux, en tas réguliers; on remue ces tas à plusieurs reprises, les jours suivants, jusqu'à ce que l'uniformité de nuance, de sécheresse, etc., soit parfaitement obtenue. Les sucres inférieurs forment souvent des amas plus ou moins volumineux, plus ou moins durs, des *grugeons*, dont il est bon de se débarrasser; on écrase à la pelle, etc. Au besoin on emploie des claies en toile métallique, toutes semblables à celles des maçons, marchands de sable, etc. Je ne crois pas devoir en donner la description. Les fragments, rejetés par la toile métallique, sont écrasés et lancés de nouveau sur la claie jusqu'à pulvérisation totale.

C'est dans les magasins qu'on pratique ordinairement l'azurage des qualités fines, des poudres blanches. La meilleure matière est l'*outremer*, dont nous reparlerons dans le chapitre XIII, au sujet du

sucre, échappé des mains de l'ensacheur, dans un liquide où sa valeur est très-fortement diminuée; on évite cet accident par divers moyens; notamment en ajustant aux bords du sac un large anneau, suffisamment échancré du côté de la turbine, et forçant tout le grain à retomber dans le sac, etc.

Digitized by Google

raffinage, mais on emploie trop souvent d'autres couleurs, du bleu de Prusse, de l'indigo, des bleus d'aniline. Le bleu de Prusse est une couleur très-riche, très-*foisonnante* et sans danger. L'indigo est à peu près dans le même cas, mais il coûte cher. Les bleus d'aniline doivent être bien exempts de matière vénéneuse.

Lorsqu'on veut donner au sucre une teinte brune, le mieux est de le colorer avec sa propre couleur : on peut nommer ainsi le caramel; cette substance doit être préparée avec les soins que nous avons indiqués (§ 14, p. 19); il doit avoir la plus grande intensité de couleur et la moindre amertume. Il est préférable de le mêler au sucre dans les turbines.

L'amertume difficile à éviter, et qui reste sensible, même en petite proportion, a fait rechercher d'autres matières. L'acide pyrogallique, malgré son prix, a été mis en usage; on le dissout facilement en traitant 100 grammes d'acide par 25 grammes de sucre (7 — 9) et 10 grammes de chaux éteinte délayés dans 500 grammes d'eau, ou 500 centimètres cubes. Lorque la chaux est dissoute, on délaye l'acide. Il se forme une liqueur d'un brun presque noir, suffisante pour colorer 5 à 6 sacs de sucre (1).

(1) On a toute facilité, dans ce travail, pour colorer les sucres et les ramener aux nuances chargées du moindre impôt; avec de très-faibles quantités de matière. Les couleurs d'aniline, le sulfocyanure de fer et d'autres substances, de nuance brune très-intense, ont été employés. Le sulfocyanure de fer est noir, soluble dans l'eau, du moins en partie, et produisant une coloration des plus développées. Cette matière colorante, en poussière très-fine, disséminée dans un tas de sucre, peut changer la nuance de 1 à 2 millions de fois son poids. 1 gramme suffit pour 10 sacs de sucre, ou même plus. Il est possible de l'ajouter même en présence d'une autre personne sans qu'elle le voie, pour peu qu'elle soit distraite un instant. Le sulfocyanure est englué par les petites quantités de sirop restées dans les sucres; un pelletage vigoureux de quelques instants le répand dans toute la masse et produit l'effet cherché. La nuance toutefois est jaune et peut être reconnue par un œil exercé. Il a été signalé par Offret. (*Journ. des fabricants de sucre*, 2 janvier 1873.)

Digitized by Google

CHAPITRE XI

TRAVAIL DES EMPLIS

986. On peut dire que la partie du travail de l'extraction du sucre effectuée dans les emplis est la plus difficile à comprendre. Lorsque la cuite a été partagée dans les turbines en deux parties, en sucre plus ou moins pur, grené, bon à mettre en sacs, et en sirop d'égout plus ou moins coloré, mais très-riche en sucre cristallisable, la question qui se présente, bien naturellement, est celle-ci : Comment traiter le sirop? peut-on utilement le soumettre à une cuisson nouvelle? ou faut-il l'abandonner à lui-même, dans un *lieu convenable*, pour extraire une nouvelle proportion de sucre, par refroidissement, par évaporation spontanée, par attraction moléculaire, etc.?

Dans un bon travail, c'est-à-dire quand la matière première est de la meilleure espèce, quand les sirops proviennent de betteraves, de cannes, etc., récoltées en pleine maturité, saines et contenant le maximum relatif de sucre, le premier sirop d'égout, le sirop de *premier jet*, peut être immédiatement traité, pour la seconde fois, dans l'appareil de cuite, et concentré par l'action de la chaleur (de la vapeur d'eau prise à 5 atmosphères) afin de le ramener, en un temps très-court, à l'état de la masse cuite dont il provient. De la densité 36 degrés, où il était tombé par suite de la séparation du sucre de premier jet, on le ramène à celle de 48 degrés, avec laquelle il redevient capable de donner, en refroidissant, une nouvelle quantité de grain, un sucre de *second jet*, etc.; ce genre de travail ne peut être indéfiniment prolongé, la raison en est simple.

Les sels mêlés aux sucres, dans la masse cuite, ne se cristallisent pas avec le sucre normal, dans la proportion même où ils se trou-

Digitized by Google

vent d'abord. Une partie de ces sels est entraînée par le *grain*, soit en combinaison, soit par l'unique effet de l'insolubilité : le chlorure de sodium est dans le premier cas, le sulfate de potasse dans le second. Mais le sucre inverti et les matières organiques, avec ou sans azote, retiennent, dans le sirop de premier jet, tout le reste des sels, les uns parce qu'ils sont très-solubles, comme l'acétate de potasse ; les autres parce qu'ils restent unis avec les parties non salines du *non-sucre ;* évidemment ces derniers augmentent de proportion dans le sirop de second jet, puis dans le sirop de troisième, etc. ; le nombre des jets est même limité par leur abondance ; après un certain nombre de ces opérations, le rapport des sels aux autres parties de la cuite est assez grand pour rendre toute tentative nouvelle de concentration vaine et inutile. C'est le dernier sirop, obtenu dans ces conditions, qui constitue la MÉLASSE, le *caput mortuum* de la première masse fournie par la cuisson.

La question posée tout à l'heure est donc transformée en celle-ci : Combien de jets peut-on fabriquer de suite ? Auquel doit-on s'arrêter pour abandonner le sirop à lui-même et trouver de l'avantage à suspendre les concentrations rapides ?

Une première réponse est facile : On manque presque toujours de temps pour traiter de suite les sirops, même de premier jet, et l'on est obligé de les mettre en réserve pour laisser aux cuiseurs le temps nécessaire à la préparation des *masses cuites* avec tous les jus fournis par les râpes. Pendant le cours de la campagne il n'est guère possible, au commencement surtout, de faire autre chose que les premiers jets : de là, nécessité de mettre les sirops dans de vastes salles, presque absolument remplies par les bacs où sont recueillis les sirops d'égout dont on ne pourra faire le traitement avant la fin du râpage. Ces salles portent le nom d'*emplis*.

Comment doit-on conserver les masses cuites dans les emplis ? Peut-on les abandonner simplement à elles-mêmes, ou doit-on leur appliquer des soins particuliers, et quels sont en réalité ces soins ? Telle est la question à résoudre.

Pour trouver la réponse, il faut bien comprendre le but à atteindre et les obstacles qu'on peut rencontrer.

Digitized by Google

Le but à atteindre est de conserver les masses cuites intactes, au moins, et de poursuivre, si l'on peut, leur évaporation, afin d'amener une nouvelle proportion de sucre à cristalliser. Pour conserver les masses intactes, il faut ne pas oublier que souvent elles sont déliquescentes et pourraient, à une basse température, absorber une quantité d'eau notable, d'où résulteraient plusieurs inconvénients fâcheux. L'absorption de l'eau, tout le monde le comprend, est l'absorption de l'humidité atmosphérique : elle a lieu seulement à la surface des masses cuites et forme un sirop moins épais, dont la densité peut tomber à 30, ou même à 25 degrés, et constituer une couche de quelques centimètres d'épaisseur, où peuvent s'établir, plus ou moins aisément, les actions chimiques dont ma Théorie générale donne, seule, une explication frappante, comme on l'a vu dans les §§ 253, 254 et suivants. On est donc exposé, par cette absorption d'eau puisée dans l'atmosphère, à deux inconvénients très-dignes d'attention : d'abord cette absorption en elle-même, puisque la masse additionnée d'eau ne pourra en être privée sans une nouvelle évaporation, toujours coûteuse par le charbon et, surtout, par la main-d'œuvre ; ensuite l'altération du sucre dans le sirop faible produit par cette eau, altération profonde, *fermentation sans ferment*, par laquelle du sucre est inverti et rendu incristallisable, contrairement aux règles à suivre dans toutes les parties du travail.

On s'oppose aux deux inconvénients, à la fois, en ne laissant pas les *bacs d'emplis* à une température variable, comme la température atmosphérique. On les place sous l'influence de la chaleur et on les entretient à une température constante, soit en les faisant traverser par des tuyaux où l'on dirige des vapeurs *perdues*, soit en y installant des poêles ou des calorifères. Les tuyaux à vapeur donnent incontestablement les meilleurs résultats ; ils suffisent parfaitement à produire la température de 45 à 60 degrés, dont on se contente ordinairement ; ils donnent cette température, sans troubler l'air des emplis ni gêner aucune des conditions du travail ; les calorifères n'ont pas beaucoup plus d'inconvénients ; mais ils exigent une dépense de charbon spéciale, dépensé à éviter si l'on peut uti-

Digitized by Google

liser des vapeurs. Les poêles ont beaucoup d'inconvénients : leurs tuyaux se percent, les gaz de combustion et les produits pyrogénés se répandent dans l'atmosphère des emplis, gênent la respiration des surveillants, viennent s'absorber dans les masses cuites, à la surface, et produisent à peu près autant de sirop faible que la simple humidité atmosphérique, avec aggravation des modifications chimiques par la chaleur. Dans quelques fabriques, les poêles sont dépourvus de tuyaux : ce sont de véritables brasiers, dont toutes les vapeurs se répandent dans les emplis et occasionnent tous les inconvénients que nous venons d'indiquer. Le coke est leur combustible ordinaire : très-rarement ce coke est exempt de soufre ; il donne de l'acide sulfureux, facilement absorbable par la couche superficielle des masses cuites, facilement oxydable aussi, ce qui le change en acide sulfurique, l'un des plus redoutables ennemis du sucre (§ 45); en outre, les poêles donnent une température variable, tantôt trop basse, au moindre oubli du surveillant; tantôt trop haute, quand, pour réparer cet oubli, le combustible est chargé en surabondance. Il convient d'employer les tuyaux à vapeur ou ceux des calorifères.

Sous l'influence de la température de + 45 degrés au moins, une faible, mais certaine évaporation de l'eau des masses cuites est lentement produite : une concentration correspondante amène, peu à peu, la cristallisation d'une plus ou moins notable quantité de sucre. Les bacs d'empli chargés d'un sirop dont toutes les parties étaient fluides présentent bientôt une quantité de grain qui va en augmentant pendant une période plus ou moins longue.

La formation de ce grain est le point le plus délicat des effets produits dans les emplis. Tantôt elle est rapide dans les sirops de premier jet, tantôt elle est lente. Au premier abord, cela semble très-facile à expliquer. Je suppose encore un sirop provenant d'une matière saine et bien mûre, formé de sucre normal, presque pur, et de sels; de deux choses l'une : ou la masse cuite a été très-serrée d'abord et a donné le rendement maximum, d'au moins 77 ou 78/100 de grain; ou bien elle a été moins serrée, le rendement faible, 72 ou 73/100. Dans le premier cas, le sirop, peu riche en sucre,

Digitized by Google

ne peut cristalliser dans l'empli sans une évaporation assez longue; dans le second il est, au contraire, capable de donner plus promptement des cristaux. Cela n'a rien de surprenant.

Mais, sans parler encore des jets inférieurs, et considérant seulement les premiers jets, on observe parfois, d'une manière nette, un phénomène bien moins simple, bien moins facile à comprendre et dont je dois maintenant parler : Une masse cuite résiste longtemps à la cristallisation et demeure fluide, sirupeuse; puis, tout à coup, elle présente du grain et la masse de ce grain augmente avec une rapidité surprenante. Le surveillant reconnaît cette augmentation en sondant attentivement, chaque jour, la masse avec un bâton dont il prend exactement la mesure. En général ces grains, malgré leur formation rapide, ont de grandes dimensions. Il est incontestable que la rapidité de cette cristallisation est exceptionnelle et ne peut être envisagée comme un simple effet d'une concentration lente et régulière. Il s'agit là, bien certainement, d'une des irrégularités très-nombreuses et trop connues de la production générale des cristaux.

Tout le monde sait quels phénomènes singuliers présentent les dissolutions des corps cristallisables : je ne puis en parler ici, parce qu'ils sont décrits avec de grands détails dans tous les traités de chimie (à l'article SULFATE DE SOUDE). En dehors des faits généraux, on pourrait attribuer la brusque cristallisation dont je parle à une introduction accidentelle de cristaux de sucre, phénomène bien connu, puisque Lampadius en conseillait l'application dans le mémoire, si remarquable, dont j'ai donné le résumé (§ 791). Cette introduction accidentelle peut avoir lieu directement par l'addition d'une cuite saturée dans le bac, ou, indirectement, par l'effet des corps étrangers projetés à la surface des masses cuites, au gré des vents ou de mille influences diverses. Un de ces corps fait naître, sur son contour, un plus ou moins grand nombre de cristaux de sucre, et ceux-ci, comme dans le cas du sulfate de soude, de l'azotate acide d'argent, et d'une infinité d'autres sels, déterminent la formation rapide d'une grande quantité d'autres cristaux, de grains dont la naissance avait paru jusqu'à ce jour entièrement impossible. —

Digitized by Google

Cette introduction accidentelle est un fait simple et facile à comprendre.

Mais j'ai beaucoup de raisons pour *supposer* une autre cause, fort intéressante si elle existe réellement, et dont je regrette vivement de n'avoir encore aucune preuve sérieuse. Cette cause, c'est le *dimorphisme* du sucre normal qui peut, je crois, être souvent mis en jeu dans les cuites et produire les effets suivants : l'inversion de ce sucre normal est un phénomène essentiellement progressif (§ 443); elle commence par une perte du pouvoir rotatoire, de 100° ↗ jusqu'à zéro; à ce moment le sucre n'est pas encore divisé en plusieurs parties (glucose, chylariose, etc.); c'est encore une substance dont la molécule, $C^{24}H^{22}O^{22}$, subsiste tout entière; seulement cette molécule a perdu l'état cristallin et le pouvoir rotatoire; elle est devenue vitreuse, *sucre d'orge*, et complétement neutre au point de vue optique. A cet état, je la crois encore *capable de redevenir sucre normal, cristallin et doué du pouvoir optique*. Des raisons nombreuses, je le répète, mais malheureusement théoriques, ou, si l'on veut, tirées de l'observation d'un grand nombre de faits complexes et, par conséquent, non démonstratifs, me portent à cette croyance, dont personne ne saurait rejeter l'énoncé comme invraisemblable et contraire aux idées, ou même aux faits les mieux connus. Le sucre optiquement neutre n'est pas encore déterminé d'une manière précise : il peut offrir deux espèces distinctes : l'une $C^{24}H^{22}O^{22}$, celle dont je parle, vitreuse, inactive sur la lumière polarisée; l'autre $C^{12}H^{12}O^{12}$ ↗, glucose, $+ n\,C^{12}H^{12}O^{12}$ ↖, chylariose, compensant réciproquement leurs pouvoirs rotatoires (1). Dans ce dernier cas, c'est un mélange absolument incapable de reproduire du sucre normal; dans le premier, au contraire, c'est une *espèce* dont la modification moléculaire n'a encore rien d'essentiel, et qui peut parfaitement revenir de l'état vitreux à l'état cristallin, de la neutralité optique, *par privation*, et non par compensation, à la puissance 100° ↗ (pour 16^{gr},15 mis à 100 centimètres cubes et observés dans le tube de 200 milli-

(1) Sans aucune régularité, parce que la compensation peut avoir lieu entre $m\,C^{24}H^{22}O^{22}$ ↗ + glucose $C^{12}H^{12}O^{12}$ ↗ + $n'\,C^{12}H^{12}O^{12}$ ↖ chylariose, etc.

Digitized by Google

mètres par comparaison avec 1 millimètre de quarz ↗), comme le soufre, l'acide arsénieux et une foule d'autres corps.

Il m'a été impossible jusqu'à présent, malgré de grands efforts, de constater solidement et directement ce retour, parce qu'il est d'une extrême difficulté d'obtenir le sucre $C^{24}H^{22}O^{21}$, optiquement neutre et bien pur; mais j'ai tout lieu de croire qu'il existe, qu'il pourra être isolé dans un état de pureté assez complet et donnera, entre des mains plus heureuses, la preuve évidente du retour que je suppose; on pourra expliquer sûrement alors le fait, plus commun qu'on ne pense, de la cristallisation rétroactive du sucre dans les bacs d'empli.

Les seconds jets et à plus forte raison les troisièmes, quatrièmes, doivent présenter et présentent des phénomèmes plus complexes, au milieu desquels celui dont nous venons de parler est masqué, de plus en plus fortement, et ne peut être reconnu.

La marche à suivre pour le traitement des masses d'empli peut être examinée à un autre point de vue : celui de la qualité des sucres à obtenir. On peut cuire les sirops de premier jet, obtenir du sucre et un nouveau sirop de deuxième, etc.; mais faut-il aller au delà ? Dans beaucoup de fabriques on ne connaît, pour ainsi dire, aucun terme; on fait des sixièmes, des septièmes jets! Est-ce bien sage? La grande raison, c'est que le sucre obtenu, le grain, quelque souillé qu'il soit de sirop coloré, peut être purgé dans les turbines, et ramené à un type de vente facile. C'est incontestable en théorie; mais pour obtenir pratiquement ce résultat, il faut ne pas le payer trop cher, ce qui nous met en face de la question suivante : A quelle limite la purge, ou clairçage, d'un sucre est-elle onéreuse? Il est difficile de résoudre cette question par un calcul précis, par une formule générale. On peut comprendre aisément les bases du calcul. Une grande partie du sucre est entraînée par l'eau de clairçage, et sa valeur diminue énormément, parce que le sirop très-coloré qui l'accompagne, fondu avec lui dans une très-grande quantité d'eau, ne pourra pas être évaporé, même aux plus basses températures, sans l'invertir et le rendre totalement incristallisable.

La perte causée par ce travail peut facilement dépasser le bénéfice

Digitized by Google

obtenu par la quantité et la qualité du grain resté dans la turbine. L'opération demande beaucoup de tact, parce qu'elle exigerait, pour être bien réglée, des analyses trop nombreuses et difficilement exactes.

987. On peut faire sur les derniers jets, ou *bas produits*, un certain nombre d'opérations très-simples, indiquées par le bon sens, et dont les frais sont amplement compensés par l'amélioration obtenue. Toutes les impuretés des bas produits ne viennent pas des jus : beaucoup de corps étrangers y sont introduits par une foule de causes; presque tous ces corps sont insolubles, et forment avec le dépôt, insoluble aussi, des sirops cuits plusieurs fois, une sorte de boue dont le grain est enveloppé au grand détriment de sa qualité. Rien de plus facile, évidemment, que de débarrasser le produit d'une telle cause d'infériorité. On dissout la masse avec le moins d'eau possible, juste assez pour pouvoir la filtrer sur du noir, ou de la brique pilée; cette filtration donne un sirop limpide et par la cuite on obtient un grain même supérieur à celui du jet précédent. Ce travail est très-peu coûteux si la cuite est faite avec des vapeurs de retours. Il serait toujours très-économique et facile, dans une fabrique où l'on travaillerait d'après mon système et où l'on aurait toute l'année des vapeurs utilisables. C'est un des détails secondaires; mais leur nombre est très-grand et mérite considération.

988. Une autre opération, chimique celle-là, peut encore être faite sur les jets inférieurs : à mesure du nombre des évaporations, le non sucre augmente et, quand les sels abondent, leur accumulation rend souvent les dernières cuites difficiles; après le traitement par la chaux à forte dose, c'est presque toujours le cas. Alors les moyens d'épuration deviennent utiles : le phosphate d'ammoniaque, le carbonate de même base, l'oxalate au besoin, peuvent rendre un vrai service; mais ils ne doivent être employés qu'en proportion exacte, après analyse.

989. Il serait très-désirable de pouvoir gouverner le rendement des divers produits et de maintenir ce rendement toujours semblable; mais rien n'est plus difficile. Les influences qui favorisent ou

Digitized by Google

combattent la cristallivité du sucre normal sont nombreuses et leur action si complexe, que, jusqu'à présent, toute analyse est insuffisante pour tracer une ligne d'opération assurée.

990. Le plus fâcheux résultat de la méthode générale d'extraction du sucre, dont nous venons d'exposer la marche dans tout ce qui précède, c'est l'abandon forcé d'une quantité très-notable de ce sucre dans le dernier bas produit, le sirop de troisième ou quatrième jet, appelé MÉLASSE. Ce produit renferme de 40 à 50/100 de sucre normal, qu'on ne peut plus extraire, au moins par les procédés employés pour les jets précédents, la concentration et le refroidissement (ou le maintien prolongé dans les bacs d'emplis). La proportion de mélasse est énorme : 2 parties de sucre en grains correspondent à 1 de mélasse; telle est la moyenne, à peu près, en France. Cette mélasse renfermant moitié sucre, il est clair que *le cinquième du sucre cristallisable reste perdu* pour la consommation directe.

991. Combien d'efforts ont été faits jusqu'ici pour éviter cette perte, je ne puis le dire, ces efforts ayant été malheureusement infructueux et ne pouvant être expliqués sans de longs détails. Je dirai seulement quelques mots de l'un d'entre eux, que j'ai fait moi-même, dans un espoir fondé sur des bases très-logiques en apparence, mais dont l'insuccès a été complet. J'en parlerai, surtout pour éviter aux personnes, dont les mêmes apparences pourraient tenter le zèle, une peine inutile et fastidieuse; en même temps on va voir combien la nature de la mélasse, et, en particulier, celle du sucre inverti qu'elle renferme, est véritablement peu connue, ce qui ne saurait trop être répété (§ 126 et suivants).

Les analyses de mélasses ont été nombreuses; jusqu'à présent leur *moyenne* peut être représentée par les termes suivants :

Sucre normal	45 à 50
Sucre inverti	0 à 2
Substances non azotées	15 à 9
Substances azotées	9 à 2
Cendres	14 à 12
Eau	17 à 20
	100 100

Digitized by Google

composition dans laquelle je prie mes lecteurs de remarquer surtout les *substances non azotées ;* jusqu'ici la plus grande incertitude et même la plus grande erreur a été maintenue à leur égard.

Ces substances non azotées sont presque en totalité du sucre inverti : l'erreur de tous les chimistes qui ont fait des analyses de mélasse a été de croire, d'après des études on ne peut plus incomplètes et des affirmations trop peu fondées sur l'expérience attentive, que le sucre inverti est nécessairement, et toujours, un réducteur des dissolutions tartro-alcalines de cuivre (§ 384). Lorsque j'ai signalé cette erreur, on a eu de la peine à me croire, et il a fallu de longues années pour amener tout le monde à reconnaître un fait pourtant bien certain. Aujourd'hui, la vérité est dévoilée ; personne ne serait admis à publier une analyse où le sucre inverti, et surtout le *glucose*, figurerait pour 0 sur une liste où les substances non azotées pourraient atteindre 15/100 et être données comme étrangères au sucre ; on commence à savoir et à dire (d'après ce que j'ai démontré), que le sucre inverti contient une plus ou moins grande proportion de sucre ($C^{12}H^{12}O^{12}$) neutre, optiquement et chimiquement, tout à fait incapable de réduire (directement) les solutions tartro-alcalines de cuivre ; que cette proportion peut être de 100/100, comme nous l'avons vu (§ 127), et que par conséquent les *substances non azotées* peuvent être et sont souvent en totalité, ou à bien peu près, du *sucre inverti neutre*, dont l'existence est nécessaire pour expliquer ce que je vais dire.

La mélasse qui renfermerait, avec 50/100 de sucre, une proportion de sucre inverti, de glucose (comme on le nommait si improprement), assez faible pour devenir même nulle, serait tout simplement la meilleure des matières premières : en effet, la formation d'un sucrate de chaux pur, ou presque pur, avec cette mélasse, ne présenterait pas de difficulté bien sérieuse ; il serait facile de séparer les *matières non azotées*, et les azotées, par la chaux à froid, au moins en grande partie ; on pourrait ensuite, par l'addition d'une nouvelle proportion de chaux et par l'ébullition, séparer du sucrate de chaux, et, en traitant ce sucrate par l'acide carbonique, obtenir du sucre cristallisable, sinon les 50/100 de la mélasse, mais plus de

Digitized by Google

la moitié de ce sucre. Notons, en passant, combien il est étrange d'admettre 50/100 de sucre cristallisable dans une mélasse où il n'existerait pas de sucre modifié, inverti, de glucose, quelqu'erronée que puisse être l'idée qu'on se fait de ce corps.

Si l'on considère la mélasse, avec la connaissance *plus exacte* des choses, comme un mélange de sucre normal et de sucre inverti (neutre ou non), et si l'on admet, ce qui est probablement une erreur (ce qui aurait été la mienne, à l'époque déjà éloignée des essais que je vais dire), que le sucre inverti, chauffé avec de la chaux, peut être entièrement transformé, à une température où cet alcali ne produit aucune décomposition du sucre normal, en un produit tout à fait insoluble dans l'eau, on est conduit à essayer l'extraction du sucre des mélasses par le procédé suivant :

On délaie de la chaux éteinte dans une mélasse suffisamment étendue d'eau pour permettre un mélange bien intime : on fait sécher ce mélange, d'abord à 100 degrés ; puis on l'expose à 130, 140 degrés, température où la décomposition du sucre inverti peut être nettement achevée, sans causer aucune altération du sucre normal. Si la chaux est mesurée d'après la teneur en sucre, normal et inverti, de manière à fournir

Pour le sucre normal..... 3 CaO (§ 000),
Pour le sucre inverti..... 2 CaO (§ 000).

on peut espérer détruire absolument ce dernier, laisser le sucre normal avec la chaux nécessaire au sucrate tribasique et pouvoir, après dissolution du produit chauffé, filtration du dérivé insoluble du sucre inverti et chauffage de la liqueur filtrée, précipiter le sucrate tribasique et, en le décomposant par l'acide carbonique, obtenir le sucre.

992. Voici les résultats que j'ai obtenus dans le laboratoire et en fabrique :

1° *Essais de laboratoire*. — Une mélasse de fabrique dont l'analyse a donné :

Digitized by Google

Sucre normal		41.3
Sucre inverti	réducteur	0.9
	non réducteur	14.2
Matières organiques	sans azote	1.6
	azotées 15/100	6.3
Sels		11.2
Eau		24.5
		100.0

a été dissoute dans deux fois son volume d'eau. 100 centimètres cubes pesaient 138gr,2; après avoir été mis à 300 centimètres cubes, ils ont reçu 40 grammes de chaux éteinte, tamisée. Un tiers du liquide a été évaporé au bain d'eau. Il contenait 46gr,07 mélasse, + 13gr,33 CaOHO = 59.5. Il a été réduit à 48gr,09 et a perdu, par conséquent, 11gr,31 × 3 = 33.93.

	grammes.
Les 100cc mélasse pouvaient perdre	24.5
13.33 CaO.HO	3.24
	27.74
Les autres matières ont donc perdu	6.19
	33.93

Ainsi la chaux est entrée en combinaison et a éliminé de l'eau.

Les deux tiers du produit, environ (31gr,9 des 48.09) ont été chauffés au bain d'huile. De l'eau est chassée par la chaleur, mais à + 147 degrés seulement. La température a été maintenue entre 147 et 152, pendant deux heures : puis on a laissé monter jusqu'à 155, en une demi-heure.

L'eau éliminée a une odeur de betterave ; elle pèse 1gr,20. La substance n'est pas sensiblement plus colorée ; on la détache, on la broie et on la verse dans un flacon de 600 centimètres cubes ; on y verse un peu d'eau qui est promptement absorbée, pour rendre la massse dure au point de ne pouvoir être entamée par une pointe d'acier (crochet à broderie); une plus grande quantité d'eau ne l'attaque pas aisément; il faut remplir et renverser dans une capsule : après plusieurs heures la masse se détache et se dissout. On la traite par CO^2 jusqu'à saturation. Sa couleur, un peu plus brune peut-être qu'avant

Digitized by Google

le chaulage, diminue par le dépôt du carbonate pendant le chauffage à 100 degrés; on filtre et par évaporation, à la même température, on réduit la liqueur et les eaux de lavage à une matière emplastique, dont la cassure est conchoïdale, neutre d'ailleurs, déliquescente et amère, et dont le poids ne dépasse pas 21^{gr},64. Ce poids $\times$ 3/2 = 32.46. On a donc bien la totalité du produit : 33.93 — 1.2 = 32.73.

Les 21^{gr},64 mis à 200 centimètres cubes ont donné au polarimètre (après décoloration par l'acétate de plomb tribasique, addition d'ammoniaque, etc.) en rapportant à 100 centimètres cubes, 46°,1 ↗. Ils contenaient donc 7^{gr},44 de sucre normal, *ce qui semble annoncer une perte de ce sucre.*

L'odeur, avant décoloration pour le saccharimètre, était celle d'un jus déféqué d'excellente qualité.

Plusieurs essais du même genre m'ont toujours donné des résultats semblables.

993. 2° *Essais en fabrique:* — 2 hectolitres de la mélasse ont été mêlés de chaux, évaporés dans une chaudière de défécation, à double fond, sans serpentin (p. 256), détachés, puis chauffés sur un générateur, en les recouvrant d'une feuille de zinc. Ils ont donc été exposés à la température de 152 degrés au plus. Traités par l'eau, l'acide carbonique, etc., ils ont fourni une masse toute semblable à celle du laboratoire pour la couleur, l'odeur, la saveur et la teneur en chaux soluble qui est très-grande. Évaporée dans une chaudière à l'air libre, la solution de cette masse, qui a moussé beaucoup pendant la carbonatation (d'une mousse facile à briser par l'agitation seule), n'a fourni, d'aucune manière, la plus petite trace de cristaux. Plusieurs essais ont donné le même résultat.

994. Je n'ai pas eu le temps de poursuivre cette recherche et de l'approfondir comme elle le mérite; je la donne pour le motif indiqué plus haut et pour attirer l'attention sur le point très-important dont j'ai souligné l'énoncé tout à l'heure. Le sucre normal paraît diminué dans cette opération. Cela n'a rien de surprenant puisque

Digitized by Google

les alcalis attaquent le sucre normal, même au-dessous de 152 degrés. Si l'expérience était prolongée, probablement la totalité du sucre disparaîtrait, changée en acides lactique, acétique, etc. Il est donc impossible d'obtenir le sucre de la mélasse par le moyen de la chaux à haute température, 150 degrés.

Digitized by Google

CHAPITRE XII

FABRICATION DU SUCRE DE CANNE

995. Au premier abord, il semble qu'on ne puisse apercevoir une différence bien notable entre cette fabrication et celle du sucre de betteraves : la matière première n'offre pas dans sa composition, (autant qu'on en peut juger), des écarts bien prononcés. La canne est plus riche en sucre et moins riche en sels, ce qui la rend doublement supérieure ; mais cette supériorité n'empêche pas les causes générales de la difficulté d'extraction du sucre d'exister, presque au même degré, parceque, dans leur ensemble, les matières étrangères, le *non sucre*, est ou sont à peu près les mêmes : une certaine proportion de sucre inverti, des matières neutres non azotées, d'autres azotées, des sels à peu près aussi nombreux et d'une nature peu différente. Il est donc assez rationnel de considérer toute la série des opérations comme peu différente, avec la betterave ou avec la canne ; mais cette manière de voir nécessite pourtant un examen attentif dont nous allons parcourir les détails.

996. Un premier point doit fixer au plus haut degré l'esprit de réflexion du planteur de cannes, c'est l'absence du sucre inverti dans une canne prise exactement à maturité. Le sucre normal y existe seul pendant les quelques jours de cette *époque princeps* (on peut la nommer ainsi) ; tous les chimistes l'ont reconnu, nous l'avons dit § 622 et suivants. J'ajouterai, d'après mes propres analyses, faites sur des cannes très-soigneusement récoltées et plongées à l'instant dans de l'alcool à 95°, une confirmation additionnelle : on ne trouve pas de sucre inverti en quantité appréciable dans une

Digitized by Google

canne mûre. (Espèce Otaïti ; hauteur 3m,0, diamètre à 0m,80 du sol 42 à 45 millimètres). On peut en extraire 18,2 de sucre en cristaux par le procédé du § 397. L'existence du sucre normal, comme matière sucrée unique, n'est pas contestable, *pendant les quelques jours de la maturité.*

Il est bien vrai d'ajouter : pendant ces quelques jours *seulement.* En effet, la canne abandonnée à elle-même, au delà de ce terme, ne reste pas dans le précieux état donné par sa maturité parfaite ; ce n'est pas un flacon bien fermé contenant une eau sucrée, rendue inaltérable par un agent chimique, c'est une gaîne végétale, plus ou moins osmotique, où l'eau sucrée ne demeure pas une seconde intacte ; elle change à la fois de richesse saccharine et de pureté, sous les influences réunies de la végétation propre et de l'osmose des éléments atmosphériques. La première amène des acides et des sels, la seconde fait absorber de l'oxygène et de l'azote, de l'acide carbonique etc. Par ce concours, plus ou moins rapide, l'*eau sucrée pure*, dont l'existence est le caractère de la maturité vraie, ne tarde pas à éprouver une altération de plus en plus profonde ; inversion du sucre et perte plus que proportionnelle de cristallisabilité, affluence de sels, oxydation et acidification de la partie du sucre inverti (fort improprement désignée comme une espèce, nommée *chylariose*, levulose, etc.), tels sont, en résumé, les effets généraux de l'*abandon* des cannes après leur maturité.

L'extraction du sucre normal serait très-facile, et donnerait un rendement considérable, avec la canne mûre ; il pourrait être de 10 à 11/100. Il est de 7, en général, dans une fabrique bien dirigée ; pourquoi ? Vraiment la réponse est facile et peut sauter aux yeux, lorsqu'on est bien pénétré de ce qui vient d'être dit et lorsqu'on sait combien la récolte des cannes est faite avec peu de préoccupation de leur maturité. C'est difficile, peut-on dire, de les couper toutes, à l'époque précise de cette maturité : oui, malheureusement ; mais ne peut-on surmonter la difficulté ? Je crois que cela est loin d'être impossible. Il faut, avant tout, bien comprendre l'avantage d'un tel travail. Une fois averti, le fabricant n'hésitera plus à faire le nécessaire ; difficultés de temps et d'argent ne l'arrêteront point, lorsqu'il sera convaincu

Digitized by Google

d'en être largement récompensé, ce dont, il n'est pas, je crois, même en doute jusqu'aujourd'hui. L'opinion universelle est, si je ne me trompe, fort arrêtée sur l'inutilité d'une coupe parfaitement méthodique des cannes, dont les inconvénients paraissent être plus grands, et de beaucoup, que les avantages. Cette opinion est pourtant inexacte, et je vais m'appliquer à le démontrer.

998. Jusqu'à présent, les cannes parfaitement mûres ou récoltées à une époque plus ou moins éloignée de leur maturité, postérieurement ou même antérieurement, sont, en réalité, soumises avant la fabrication à des conditions générales où leur qualité s'abaisse et devient presque uniformément médiocre; les bouts ou tronçons, entassés pêle mêle et sans choix avant d'arriver au moulin, deviennent le siége d'une altération toujours assez prompte, par les causes dont j'ai parlé tout à l'heure, ce qui éloigne même les bonnes, les plus mûres, de l'état favorable où on pourrait les conserver. Cette altération est bien connue ; mais au lieu d'être envisagée comme elle devrait l'être, comme un résultat, elle l'est comme une situation naturelle, normale, et par conséquent inévitable. Un petit nombre de personnes savent le contraire ; mais leur foi, dont la science actuelle devrait rendre la base inébranlable, est fort troublée par le vieux préjugé de l'existence du glucose (sucre inverti) dans les cannes et devient tout à fait incertaine lorsqu'on parle du seul remède possible contre les difficultés de fabrication créées par l'altération qui nous occupe.

Ce remède serait obtenu par deux opérations très-simples : la première, couper les cannes très-soigneusement à leur maturité ; la seconde, les passer le plus promptement possible au moulin et chauler le jus immédiatement pour le mettre en réserve dans des citernes, par application de mon système.

Cette seconde opération a excité, jusqu'à présent, aussi peu de zèle parmi les planteurs de cannes que parmi les fabricants de sucre de betteraves. On est peu touché, de l'une et de l'autre part, des avantages d'une méthode qui exige tout d'abord une avance de capitaux considérable pour la construction des citernes et les autres dé-

Digitized by Google

penses déjà indiquées page 214. Mais sans rentrer dans la discussion, détaillée alors au sujet des betteraves, il est facile de voir que la même conclusion s'applique aux cannes ; en d'autres termes, la préservation du sucre dans les jus de cannes, conservés avec une forte dose de chaux, est tout aussi complète que dans les jus de betterave, et le travail de ces jus donne des cuites excellentes, beaucoup de bon et beau grain, en un mot le maximum de rendement indiqué plus haut, 10 à 11/18 du sucre total ; et très-peu de mélasse, d'ailleurs excellente pour la distillation, en dépit de sa richesse saline. Nous le verrons plus loin.

Malgré sa justesse, cette conclusion n'a pas frappé les fabricants de sucre exotique plus que les fabricants de sucre indigène. Il me faut donc insister, une fois encore, et répéter que la dépense, quelque grande qu'elle paraisse, ne manquera jamais d'être couverte et surpassée par les bénéfices. Avec 1000 kilogrammes de cannes ou, si l'on veut, 700 kilogrammes de jus, on n'obtient pas plus de 70 kilogrammes de cuite et 45 ou 50 de mélasse. Par le système de coupe méthodique et de conservation des jus préservés par la chaux, on pourrait obtenir 100 kilogrammes de sucre au moins et 10 de mélasse. Le bénéfice est facile à calculer :

Système actuel.			Système Maumené.		
70 kil. sucre à.....	55 »	38 50	100 kil. sucre à....	55 »	55 »
50 kil. mélasse à...	12 »	6 »	10 kil. mélasse à..	12 »	1 20
		44 50			56 20

Bénéfice du système Maumené.. 56 20 — 44 50 = 11 70

$$\frac{11.70}{44.50} = \frac{26.3}{100.0}$$

La dépense n'atteindrait jamais 2 francs pour 700 kilogrammes de jus conservés, tout compris, ce qui réduit le bénéfice à :

$$\frac{9.70}{44.50} \text{ ou } \frac{21.0}{100.0}$$

Une plantation exploitant 100 millions de kilogrammes de cannes peut donc *augmenter* les bénéfices actuels, parfois bien peu notables, de :

9.70 × 100,000, ou 970,000 francs par an.

Digitized by Google

N'y a-t-il pas là motif suffisant de faire des citernes et de couper les cannes avec tout le soin nécessaire? C'est l'intérêt avec amortissement d'un capital de 9 700 000 francs, et cet énorme capital est cinq fois au moins celui dont on aurait besoin pour la construction des citernes. L'amortissement serait complet en 20 ans, les citernes dureraient bien davantage.

998. Surtout, que le lecteur ne s'abandonne plus au préjugé fâcheux du danger de la chaux ; qu'il veuille bien considérer cet alcali, tout au contraire, comme le plus sûr agent de préservation. Il n'est plus permis de s'y tromper; les expériences relatives à la canne sont aujourd'hui assez nombreuses pour ne plus laisser de doute à personne. La chaux est un agent dangereux pour les jus très-altérés, très-chargés de sucre inverti ; elle les décompose, avec une coloration intense, pendant l'évaporation ou la cuite ; mais les jus de cannes mûres, bien préparés et chaulés rapidement, n'ont jamais à craindre ces mauvais effets : leur traitement par le gaz carbonique ne laisse pas de chaux en dissolution, ils cuisent sans se colorer et donnent de beaux grains, secs et brillants.

Le préjugé contre la chaux serait d'ailleurs un assez piquant retour contre les idées des anciens planteurs ; ce sont eux qui en ont imaginé l'emploi, et non-seulement la chaux ne leur semblait pas dangereuse, mais ils faisaient usage, avec elle, d'un autre alcali plus puissant encore, la potasse, dont ils ne paraissent pas avoir obtenu de mauvais résultats, du moins pour la fabrication en elle-même. Je vais expliquer dans un instant cette dernière parole ; mais disons tout de suite ce qui se rapporte au sucre. On employait autrefois la chaux mêlée de cendre de bois : deux parties de chaux et une de cendre étaient mêlées, dans quinze ou vingt de vesou ; quelquefois les proportions étaient renversées, ou même la potasse employée en plus grand excès, trois parties de cendres et une de chaux. L'influence de ces alcalis, de la potasse surtout, était exactement appréciée, on reconnaissait son « affinité avec les matières grasses ou muqueuses avec lesquelles elle forme un mélange savonneux » et sa puissance pour faciliter « la séparation et la formation

Digitized by Google

du grain ». On attribuait à la chaux la propriété de former « un sel indissoluble qui se précipite ou s'élève avec les écumes », et cette autre propriété « de donner du corps à l'écume qui, sans cela, serait beaucoup plus molle et passerait à travers les trous de l'écumeresse ». On employait aussi le sang de bœuf, « dont l'effet est de former comme un réseau qui rassemble les molécules savonneuses, les composés des particules de la chaux et des particules visqueuses du vesou et de les porter en écumes à la surface de la liqueur ».

Ainsi la chaux ne doit pas inspirer d'éloignement aux fabricants de sucre de canne; l'expérience de leurs aïeux leur garantit le succès. La potasse elle-même, plus puissante, a des avantages sur lesquels je reviendrai un peu plus loin (1).

Il y a donc un grand avantage à obtenir de cette méthode. Je puis dire que les hommes les plus distingués se rangent chaque jour parmi ses partisans et avec une résolution dont les effets ne tarderont pas à se produire.

999. Comment le jus des cannes est-il obtenu dans les sucreries? Par les moulins verticaux, de l'ancien système, et par les moulins horizontaux, du système moderne : ceux-ci deviennent chaque jour plus nombreux et remplacent les premiers.

1000. *Moulins verticaux.* — La figure 209 en montre un exemple :

On y voit trois cylindres verticaux en bois recouvert de fer, ou mieux en fonte, espacés de 2 à 4 millimètres. Les cannes y sont engagées à la main et y passent tout entières, progressivement; leur jus s'écoule, tombe dans une auge d'où il se rend, par une vanne, au bac pour la défécation. C'est le *vesou* (autrefois *vin de cannes, miel de cannes*). Chaque canne, après l'expression, devient de la *bagasse;* encore fraîche, on la donne aux bestiaux comme comestible, ils

(1) On l'employait en proportion assez forte, car il est arrivé que des nègres, auxquels on donnait comme aliment de la mélasse, où le moindre excès de l'alcali se trouve concentré, ont péri empoisonnés par ce puissant caustique (Lebreton, p. 100)

Digitized by Google

en sont très-friands; desséchée, on la brûle dans les foyers sous les chaudières.

Le moulin est mis en mouvement comme il suit : un manége composé de chevaux, bœufs, etc., une roue mue par l'eau, donnent l'impulsion première; transmise à la grande roue dentée, cette impulsion fait tourner le cylindre, fixé sur le même axe, et qui la transmet aux deux cylindres voisins, par les engrenages semblables dont ils

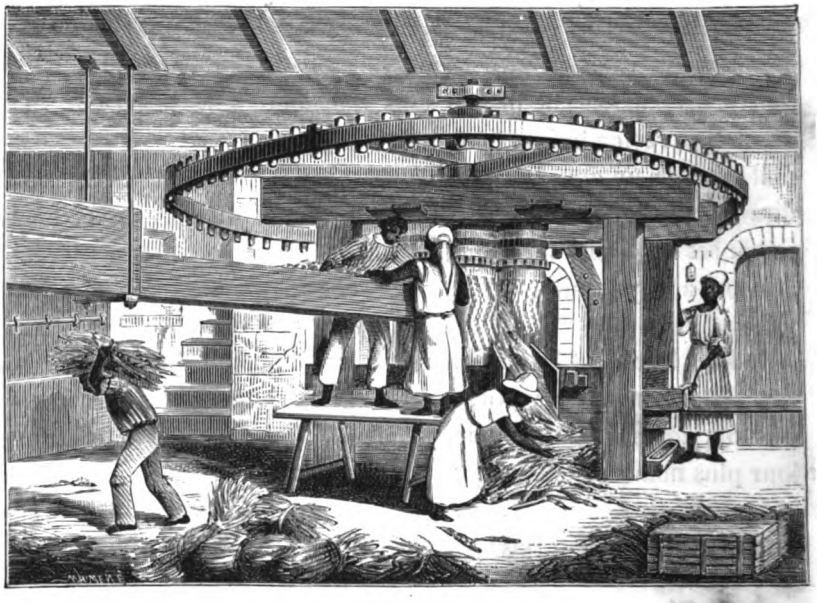


Fig. 209.

sont armés tous les trois. Les cannes, amenées dans l'auget horizontal, sont rangées parallèlement et engagées dans le *laminoir* formé par les cylindres de droite et du centre et retenues en arrière par une chape, dont elles suivent la courbure pour s'engager entre le cylindre de gauche et celui du centre, où elles sont laminées pour la seconde fois. Deux ouvriers sont occupés à ce travail; un troisième reçoit les bagasses, après deuxième pression, et les met en bottes pour être portées au magasin. Le jus s'écoule par les cannelures en zig-zag creusées dans la gaîne en fer des cylindres; il est rassemblé

Digitized by Google

dans l'auge inférieure, dont l'inclinaison le dirige dans le caniveau, à droite, qui le conduit aux chaudières. L'écartement des cylindres est réglé par les clavettes, placées à portée des ouvriers. Cette partie du système est restée longtemps très-imparfaite.

1001. *Moulins horizontaux.* — La figure 210 présente un moulin construit d'abord par Nilus et perfectionné, en 1866, par la maison Cail. Il est à 3 cylindres. D'autres en comprennent 5.

Le mouvement est donné par les moteurs indiqués dans l'article précédent ou par une machine à vapeur. L'impulsion première est appliquée à la roue dentée U, transmise par cette roue au deuxième pignon sur le même axe, puis par la deuxième roue T au pignon fixé sur l'axe du cylindre supérieur. Les engrenages VV′ simultanément gouvernés par le volant font tourner les cylindres, à 3 tours en deux minutes, ou 4 tours au plus, vitesse suffisante pour le meilleur emploi de la force. Les cannes apportées sur la trémie R, où on les range parallèlement, sont engagées, et passées, entre les trois cylindres, comme dans le moulin vertical; le jus, recueilli dans une auge au fond de laquelle est soudé un tube, est conduit aux appareils de défécation par la pompe P; la bagasse tombe en avant sur la trémie S, où une chaîne sans fin la ramasse sans absorber de main-d'œuvre et en laissant tous les abords du moulin parfaitement libres.

Le mouvement des chaînes sans fin qui produisent l'arrivée des cannes en R et le départ des bagasses en S est donné, comme on le voit, le premier par un engrenage fixé sur l'arbre C, d'une part, et la chaîne appliquée sur le deuxième engrenage DD′; d'autre part, la roue motrice DD′ permet de régler ce mouvement.

Les cannes ou bagasses sont parfois soumises à une deuxième pression, ou à la repression, comme nous le verrons tout à l'heure; on les plonge alors dans un bain tiède où leur imbibition doit être complète (§ 1004, p. 456). Alors il est bon de les passer dans un deuxième moulin, très-analogue à celui dont nous venons de parler.

Ces moulins ne produisent pas un rendement très-supérieur à

Digitized by Google

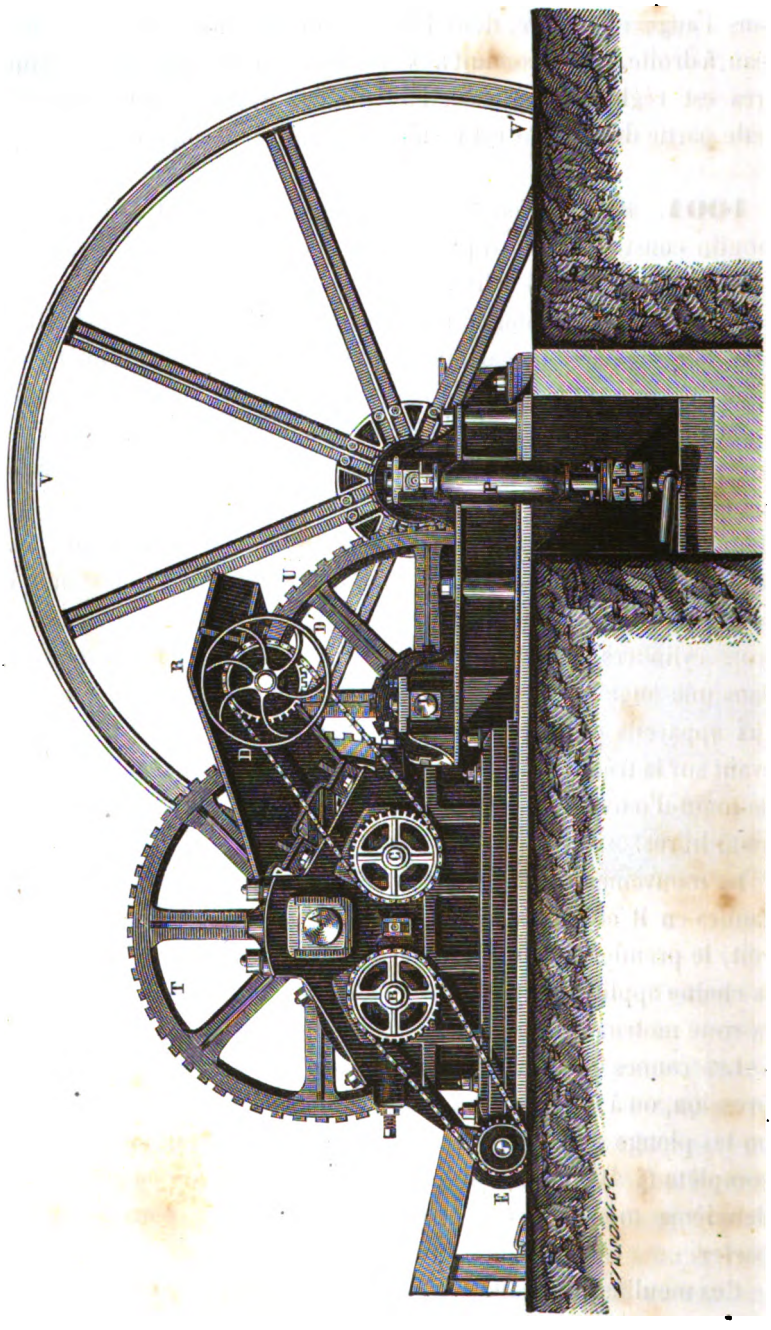


FIG. 210.

Digitized by Google

celui des moulins verticaux, mais ils ont plusieurs avantages : régularité de pression, non-seulement comme intensité mais comme distribution, amortissement des chocs, etc., etc. Ces avantages sont procurés par la bonne disposition des entretoises fermant les ouvertures percées dans les deux bâtis, pour la sortie facile des cylindres inférieurs ; par l'emploi d'une machine horizontale à changement de marche ; par l'assemblage des axes et engrenages sur une même plaque à paliers, etc. La machine est sans condensation, pour utiliser la vapeur sortante à la cuisson des jus et sirops, comme nous le verrons tout à l'heure. La pompe alimentaire, les pompes à eau et à vesou sont actionnées directement par la machine.

1002. Les moulins de l'ancien ou du nouveau système produisent à peu près le même résultat, qui semble très-difficile à augmenter. Ils donnent jusqu'à 70 kilogrammes de vesou pour 100 de cannes. C'est le maximum ; dans beaucoup de sucreries on ne dépasse pas 60. Il y avait là un fait très-regrettable, une perte de 40/100, puisque le sucre des bagasses est réellement perdu ; mais la canne peut, encore mieux que la betterave, être soumise à notre procédé d'inversion et donner la totalité de son sucre, partie en grains de sucre normal, partie en inverti, d'un excellent goût, très-bon pour la consommation (PROCÉDÉS, chap. XIV).

La bagasse, portée au magasin, est promptement dépourvue de son sucre par la fermentation alcoolique ; son odeur vineuse, très-sensible à de grandes distances, le prouve, et l'analyse montre, au bout de quatre ou cinq jours, l'absence complète du sucre, normal ou inverti. Lorsqu'elle est sèche, on l'emploie comme combustible sous les machines.

On a essayé, à plusieurs reprises, depuis longues années, d'employer la fibre à la fabrication du papier ; jusqu'à présent ces essais n'ont pas réussi. — L'application de notre système d'inversion rendrait les procédés de préparation très-simples et pourrait servir puissamment à résoudre ce problème.

La bagasse fraîche, au sortir du moulin, est une substance d'une grande utilité future, à condition de la traiter convenablement, en

Digitized by Google

vue du service auquel on la destine, celui de combustible. Portée, comme elle l'est, dans de vastes magasins où le séchage est fait à l'air, elle revient finalement à un prix très-probablement supérieur à celui de la houille. En temps de pluie, sa dessiccation par l'air devient impossible et si l'on travaille au jour le jour, on ne peut alimenter les chaudières; on laisse chômer la sucrerie, où les jus ne tardent pas à fermenter avec de grandes pertes. Les bagasses pourrissent sur les plates-formes, dont le nettoyage devient nécessaire et exige beaucoup de temps et de main-d'œuvre; le séchage en de telles conditions ne peut être fait sans un maniement considérable; on est obligé d'enlever à la culture un nombre d'hommes assez grand, lorsque déjà les bras lui manquent; en un mot, tous frais comptés, le combustible bagasse, dont on brûle le sucre et dont l'humidité doit être évaporée pendant la combustion, n'est pas d'un prix médiocre. Pour ce dernier détail, l'évaporation de l'humidité, la dépense est grande; 1000 kilogrammes de bagasse humide renferment à peu près 360 à 400 kilogrammes de matière sèche, dans le cas, très-rare, où le sucre dont elle est chargée n'a pas encore eu le temps de fermenter, 550 à 570 dans les cas ordinaires, où cette fermentation a eu lieu (1).

Dans le premier cas, il faut évaporer 640 à 600 kilogrammes d'eau, ce qui absorbe à peu près 108 kilogrammes de matière sèche (en admettant 7000 calories pour 1 kilogramme et moitié de la chaleur perdue comme on sait). Dans le second, on a seulement 450 à 430 d'eau; la perte de matière sèche est de 78 kilogrammes seulement. Il reste donc en matière utile :

Bagasse désucrée (en nombre rond)....	300 kilogrammes.
Bagasse sucrée.....	470 —

Les 300 kilogrammes doivent évaporer l'eau des 70/100 de jus fournis par 3333 kilogrammes de cannes : soit 2331 kilogrammes. Pour réduire ce jus en masse cuite à 10/100 d'eau, il faut 350 kilogrammes de matière sèche. On en manquerait si les 108 kilo-

(1) Ces 1000 kil. proviennent de 3333 kil. de cannes dans le premier cas, de 3846 — dans le second.

Digitized by Google

grammes brûlés pour évaporer l'eau de la bagasse elle-même ne produisaient aucun effet; mais une partie de la chaleur est utilisée.

Les 470 kilogrammes n'ont pas à évaporer moins de 3040 kilogrammes d'eau, ils ne suffiraient pas, non plus, si les 78 kilogrammes brûlés pour vaporiser l'eau de la bagasse ne rendaient rien ; il faudrait en tout 580 kilogrammes et l'on n'en a pas plus de $470 + 78 = 548$; donc il en manque toujours.

Il résulte de ces calculs, faits avec toute l'approximation possible :

1° La bagasse est rarement suffisante pour évaporer les vesous de la quantité de cannes dont elle provient. Il faut un combustible additionnel, tout le monde le sait.

2° Il serait bon de sécher la bagasse dès la sortie du moulin pour conserver son sucre. Au lieu de laisser perdre ce corps par la fermentation, il vaut mieux le brûler sous les chaudières et en tirer de la chaleur.

Aussi fait-on de grands efforts pour exécuter ce séchage; tout récemment on a proposé des appareils fort coûteux, destinés à ce service (et à la dessiccation du sucre lui-même). On en trouvera le détail dans le *Journal des fabricants de sucre*, du 9 mai 1877.

1003. On a essayé de remédier au défaut capital de la pression, comme moyen d'extraire le jus de canne, d'obtenir seulement 60 à 70/100 de jus sur 94 théoriques. On a songé au râpage, mais il est facile de reconnaître, en peu d'instants, combien cette méthode serait coûteuse. La canne est assez facile à comprimer, parce que les faisceaux vasculaires, dont elle est formée, sont peu résistants en sens perpendiculaire à leur longueur ; mais cette même disposition en longs faisceaux, à parois consistantes, malgré leur souplesse, les rend très-peu propres à une division multipliée par le râpage. En un mot, la résistance au râpage est extrême; tous les essais ont été vains jusqu'à présent.

1004. Alors on s'est rejeté, comme pour la betterave, sur la macération, toujours sans se rendre un compte exact du péril inévitable où l'on place le sucre dans toute opération de ce genre. Un mé-

Digitized by Google

canicien de Paris, Philippe fils, a fait de grands efforts pour obtenir un rendement plus considérable en faisant l'extraction du jus par une méthode compliquée : division de la canne en rouelles ou cossettes, macération immédiate de ces cossettes et pression de leur pulpe. Un hache-cannes découpe les cossettes qui tombent, immédiatement, dans une auge formant corps avec un tube de fonte au milieu duquel tourne une vis d'Archimède, dont les spires, en tôle perforée, les soulèvent en sens contraire de la marche de l'eau, et les amènent à un déversoir d'où elles entrent immédiatement dans la presse. Je ne dirai rien de la forme très-compliquée de cette dernière; mais, quelque ingénieuse que soit la méthode, dans son ensemble et dans le mode de construction de ses divers organes, elle pèche inévitablement par la base, comme toute méthode analogue, ainsi que nous l'avons déjà vu § 756. Peut-être même est-elle encore plus défectueuse que les autres, parce que Philippe ajoute l'envoi d'un jet de vapeur sur les pulpes, au moment de leur arrivée dans la presse, c'est-à-dire de leur contact avec l'eau pure. Dans cette condition, l'inversion du sucre est rapide, et on peut, sans avoir pris part à aucune expérience, affirmer l'impossibilité d'obtenir de bons résultats par cette méthode.

Tout récemment on a reconnu de l'avantage à cette reprise des bagasses par l'eau; Duchassaing, habile fabricant de la Guadeloupe, a obtenu du Conseil général de cette île un prix de 100000 francs pour son procédé dit d'*imbibition*. Ce procédé consiste à humecter la bagasse aussitôt après la première pression, et à faire sortir le nouveau *jus*, au bout de peu de temps, par une deuxième pression. Cette pensée ne semble en rien nouvelle, puisque la maison Cail avait pris en 1870 un brevet pour la réaliser; d'autres personnes l'avaient eue, même auparavant, car cette maison n'a pas conservé son brevet, sans doute parce qu'elle a reconnu des droits antérieurs. La nouveauté du système Duchassaing consiste principalement dans l'emploi de l'eau chaude, au lieu de l'eau froide, mise en usage, depuis longtemps, par plusieurs personnes, et de la vapeur proposée plus récemment. Ces deux moyens avaient tous deux présenté des défauts graves, l'eau froide pénétrait mal au fond des

Digitized by Google

bagasses; la vapeur amenait (avec l'acide naturel) des inversions énormes. L'eau tiède seule, à + 60 degrés, peut réaliser la double condition d'imbiber profondément les bagasses et de ne pas augmenter les inversions déjà produites; c'est ce que Duchassaing a parfaitement compris. Par cette méthode, il est bien clair que le rendement en sucre peût être augmenté; la canne n'est pas du tout exposée comme dans les systèmes de diffusion, macération, etc., dont nous avons expliqué les fâcheux effets (§ 759), à l'action d'une énorme quantité d'eau; le jus naturel marquant 8 degrés par exemple, le deuxième jus fourni par la pression des bagasses imbibées en marque 2 ou 3, ce qui représente une richesse presque égale à celle du jus de betterave. L'eau chaude a, parmi ses avantages, celui de ne pas renfermer d'air, ou d'oxygène, en dissolution. L'auteur connaissait-il cette circonstance, et l'a-t-il appréciée? Je ne le crois pas, il n'en parle point dans sa demande, et le rapport, qui lui a valu le prix (1), n'en parle pas davantage. Elle est pourtant à signaler, surtout pour la canne, où l'on ne saurait douter de la mauvaise influence de l'oxygène après une première pression. Le procédé Duchassaing donnera-t-il, dans la pratique, invariablement, les résultats obtenus d'abord par son auteur, obtenus ensuite dans plusieurs sucreries de la Guadeloupe et constatés par le rapport? Oui, si l'on continue d'apporter les mêmes soins à l'*imbibition;* si l'on évite des variations de température trop grandes, si l'on fait usage d'eau bouillie, pour chasser l'air, puis refroidie au degré convenable, etc. C'est une méthode assez délicate, il faut le dire; elle ne peut offrir un succès durable qu'avec des soins continuels.

1008. *Défécation.* — Avec du vesou parfait (j'appelle ainsi celui de cannes parfaitement mûres et bien saines), il suffit de 2 ou 3 millièmes d'alcali pour opérer une bonne défécation. Cet alcali peut être la chaux seule; à la dose de 2 millièmes, elle peut neutraliser tous les corps doués de la propriété de former avec elle des

(1) *Journ. des fabr. de sucre*, 7 février 1877.

Digitized by Google

composés très-peu solubles et, par conséquent, d'être entièrement séparée en écumes. Le vesou clair est d'un jaune pâle et cuit, avec une extrême facilité, en un sirop sec, fournissant un grain de la meilleure qualité.

Avec du vesou plus ou moins altéré, c'est-à-dire avec le vesou ordinaire, l'emploi des alcalis mérite une grande attention. Ce vesou est presque toujours un peu alcoolique (on l'appelle souvent vin de cannes), parce que les tronçons, plus ou moins mûrs, plus ou moins écrasés ou écorchés, ont toujours subi des commencements de fermentation. Une partie très-notable du sucre est invertie. Dans le jus de ces cannes, il est important de ne pas prodiguer la chaux, parce qu'on forme les composés calcaires, dont la concentration amène l'état sirupeux, incristallisable, où les cuites sont visqueuses, dormantes et presque impropres à la formation du grain. Il est préférable d'employer la soude, ou la potasse, celle-ci principalement, à cause de la nature très-fluide des composés potassiques. On est ramené, par une étude attentive, au système antique dont nous avons parlé plus haut (§ 729), à l'emploi du mélange de cendre et d'un tiers de chaux, qui fournit de la potasse caustique et du carbonate de chaux inactif. Les sirops obtenus par ce moyen donnent un beau grain, d'excellent goût, parce que les matières azotées sont peu abondantes dans la canne; celles qui contiennent en même temps du soufre, probablement tout à fait absentes; et parce que le léger excès d'alcali ne tarde pas à devenir du carbonate, sous l'influence du gaz carbonique de l'atmosphère.

L'emploi des alcalis solubles, soude ou potasse, amène une augmentation légère du coefficient salin; mais ce point est réellement de peu d'importance. Les jus contiennent en général 1,3 à 1,5 de sels, l'addition de 0,2 de potasse caustique augmente donc cette masse de 2/14 ou 1/7. C'est bien peu, surtout si l'on considère le double avantage d'un meilleur rendement en grain et en salin potassique, dont la valeur est assez grande pour faire compensation.

1006. Une précaution très-simple reste à prendre dans toutes les sucreries où le travail ne comprend point l'inversion des der-

Digitized by Google

niers jets (chap. XIV); les sirops ou mélasses ne peuvent être donnés comme aliment aux ouvriers sans une neutralisation par l'acide carbonique, ou par l'acide acétique, sulfurique, chlorhydrique, *purs* et en dose convenable ; on évite ainsi tout danger (note de la page 449).

1007. Les traitements par de fortes doses de chaux, les *carbonatations*, ne sont jamais favorables aux jus ordinaires (ceux qui renferment une proportion notable de sucre inverti). Il ne faut pas l'oublier, une quantité considérable de chaux reste en dissolution dans un état où l'acide carbonique ne la sépare pas; on produit ainsi des sucres d'un goût inférieur, gras, déliquescents, en un mot de basse qualité. Il convient, en pareil cas, de précipiter la chaux par de la soude ou de la potasse carbonatée, bien exactement proportionnelle, afin de remplacer ainsi les sels de chaux par des sels de soude ou potasse, cuisant sec, en général, et sans viscosité.

1008. La magnésie paraît douée de propriétés utiles pour la clarification des jus de cannes. *Il faut ne pas la faire sécher avant l'emploi;* elle donne de la consistance aux écumes, tout en augmentant leur abondance; on peut utiliser les filtres-presses pour les séparer. Tels sont, en peu de mots, les résultats d'expériences faites en janvier dernier à Maurice. J'ai des raisons de croire ces résultats dus bien plus à l'alcali, dont la magnésie reste imprégnée, même après des lavages, qu'à cet oxyde terreux lui-même. La nécessité de l'employer *en pâte*, c'est-à-dire hydratée, me paraît (en raison d'expériences personnelles nombreuses) impliquer la présence d'un peu de potasse ou de soude caustique, très-favorable à la défécation; la magnésie elle-même, il faut le dire, joue un rôle utile dans cette défécation; elle se dissout dans le sucre, elle est mêlée ainsi de la manière la plus intime avec les parties organiques du vesou et forme, avec quelques-unes, des composés ou des laques très-peu solubles, séparables en écumes volumineuses. Le filtre-presse enlève bien ces écumes (au besoin on peut leur adjoindre un peu de matière inerte, comme pour notre procédé des carbonatations mixtes, chap. XIV. La magnésie est coûteuse; mais, malgré son prix, elle est utilisable parce que la calcination des écumes

Digitized by Google

permet de la retrouver assez pure. On perd alors toute matière organique et on se prive d'un engrais déjà rare dans les champs de cannes. Ce côté de la question n'a pas touché les personnes qui ont pris part aux expériences dont je parle; on a déclaré le succès complet et, comme à l'appui des raisons présentes, on a rappelé d'anciennes expériences, longtemps continuées, avec le même succès, à Saint-Domingue. Les vesous chauffés dans un vase séparé (le *défécateur* du marquis de Bouillé) avec une lenteur convenable, se couvraient, sous l'influence de la magnésie, d'une écume épaisse et ferme; la clarification était complète et excitait un enthousiasme si vif qu'une grande dame, frappée de l'extrême limpidité du vesou, troublé seulement par des grumeaux isolés, et ne voulant pas attendre, prenait la traîne de sa robe blanche pour servir de filtre et reconnaître la pureté du liquide. En somme je ne crois pas cette défécation supérieure à celle de la chaux, au point de vue chimique; économiquement elle est très-inférieure.

Bernard et Ehmann viennent de présenter la magnésie comme insoluble dans les liqueurs sucrées et de la *proposer* comme agent de défécation. On pourrait l'employer indistinctement à l'état libre, hydratée ou anhydre, ou à l'état de sels, carbonate ou phosphate. L'excès de défécant resterait dans les écumes, en raison de son insolubilité prétendue, ce qui rendrait la carbonatation inutile.

Je puis malheureusement contredire de la manière la plus formelle l'assertion relative à l'insolubilité. J'en ai donné une première preuve, très-antérieure au travail de ces chimistes, dans le § 74; des expériences plus récentes m'ont confirmé les premières. Celles de Dumas (§ 237) conduisent au même résultat. Il m'est impossible de comprendre une assertion aussi peu fondée.

1009. Les Anglais ne reculent pas devant l'emploi de l'acétate de plomb pour rendre la défécation plus parfaite; 35 grammes de ce sel par *grande* (c'est-à-dire par 3500 litres de vesou, capacité la plus ordinaire de la chaudière qui porte ce nom, § 1010), telle est la dose très-couramment employée dans leurs colonies. Le danger d'un sel aussi vénéneux n'est pas considérable; il est certainement

Digitized by Google

annulé par la transformation en produits insolubles rejetés avec les écumes; d'ailleurs il ne faut pas oublier l'existence de l'oxyde de plomb sous une autre forme, au contact du vesou et des autres jus sucrés; tous les joints faits au minium dans les chaudières mettent en présence du sucre des quantités d'oxyde de plomb au moins égales à celle dont nous venons de parler.

1010. *Évaporation.* — C'est une partie très-importante de la fabrication, je la traiterai avec détail.

Le vieux système d'évaporation employé, depuis longues années, pour la canne, et dont on trouve encore aujourd'hui de nombreux exemples, est le suivant :

5 chaudières, à peu près hémisphériques, de grandeurs décroissantes, depuis la plus grande où commence l'épuration, jusqu'à la plus petite, où elle se termine, servent à ce travail. En même temps le jus de canne éprouve une évaporation presque complète de l'eau qui tient le sucre en dissolution ; lorsqu'il arrive à la dernière chaudière, c'est pour achever de cuire et être versé de là dans le cristallisoir. — Les 5 chaudières reçoivent le feu d'un même foyer, quelquefois de deux, ayant chacun leurs carneaux autour de toutes les chaudières et chacun leur cheminée. Les portes des foyers et cendriers sont percées dans le mur de la sucrerie, et ouvertes au nord. On alimente le feu avec des bagasses et des pailles, ou feuilles de canne sèches, ou de la houille à longue flamme.

L'épuration est faite dans toutes les chaudières : d'abord dans *la grande*, où l'on ajoute au vesou l'un des mélanges de cendre et de chaux dont nous avons parlé tout à l'heure; des écumes abondantes sont produites, elles sont enlevées à l'*écumeresse* et recueillies, pour nourrir les animaux (ou être fermentées et produire un tafia médiocre pour les ouvriers, les nègres en général). De cette première chaudière on passe le vesou dans la seconde, *la propre*, où on continue de le chauffer, et de l'épurer, avec une nouvelle dose de vesou alcalin ; on écume toujours, puis on passe le liquide dans la troisième chaudière, le *flambeau*, dont le nom est dû, prétend-on, à l'espèce de scintillement du vesou mis en ébullition très-vive et produisant

Digitized by Google

un bouillon très-sec. Déjà sa consistance est grande, 35 degrés densimétriques à peu près, et on le passe alors dans la quatrième chaudière, le *sirop*, ainsi nommée parce que le degré devient celui du sirop parfait, 45, et n'a plus besoin d'augmentation notable; on y ajoute encore un peu de vesou alcalin, puis on le transvase dans la *batterie*, cinquième et dernière chaudière, où on le bat fortement avec une dernière dose de vesou alcalin, d'eau de chaux, de solution d'alun, etc. Le sirop écume encore et, à cause de la vivacité du bouillon, il devient nécessaire d'y jeter un peu de beurre ou d'un corps gras convenable, pour faire tomber les bulles et enlever tranquillement l'écume. Aussitôt que le sirop donne le filet, on le verse dans le *rafraîchissoir*, où on le pagaie jusqu'à ce que la masse cuite se prenne en grains.

Cette cuite à feu nu demande les plus grandes précautions : une addition mesurée d'alcali est on ne peut plus nécessaire quand l'alcali est de la potasse. La conduite du feu ne l'est pas moins par la même raison et, sans elle, pour éviter la simple influence de la chaleur. On a soupçonné, depuis bien longtemps, toute l'étendue de cette influence; on comprenait vaguement qu'elle suffisait à réduire le sucre en mélasse, produit incristallisable. On savait combien il est facile d'obtenir de gros cristaux brillants en modérant le feu : combien il est difficile de les produire avec un feu trop vif ou trop prolongé.

1011. La masse cuite, refroidie à peu près à + 50 degrés, est versée dans les formes et soumise au *terrage* dont nous parlerons plus loin en étudiant le raffinage, ou bien dans des barriques à un fond percé de trous bouchés avec des tronçons de canne. La chaleur de la masse cuite est encore assez grande pour sécher ces tronçons, canneler leur surface et rendre l'égouttage possible : aussitôt cet égouttage terminé, on met le deuxième fond de la barrique et on la passe au magasin. Les sirops égouttés des formes, ou des barriques, sont classés et traités comme nous le verrons dans le raffinage.

1012. Beaucoup de sucreries n'ont pas encore adopté le triple effet pour diverses raisons. Pour obtenir une évaporation rapide,

Digitized by Google

elles font généralement usage d'un appareil simple, peu coûteux, très-analogue à celui de Degrand (§ 864), et dont il me semble inutile de donner le dessin. C'est un grand serpentin, dont tous les plis sont horizontaux et contenus dans un même plan vertical; en haut de ce serpentin est établie une rigole horizontale, triangulaire (le sommet du triangle en bas), l'arête passant par ce sommet régulièrement trouée de traits de scie, de deux en deux centimètres. Le vesou amené dans cette rigole tombe par ces nombreux trous (chaque pli du serpentin a 2 mètres de longueur, ou davantage) sur le premier pli et de là successivement sur tous les autres, au nombre de vingt ou trente, et enfin dans une rigole un peu inclinée vers un monte-jus. Pendant cette chute, le vesou s'étale sur une très-grande surface et, par l'influence de la chaleur abandonnée au moment de la condensation des vapeurs d'eau, tirées au travers du serpentin par la pompe à air de la cuite, il subit une évaporation très-accélérée, surtout à l'aide du courant d'air établi dans l'enveloppe où le serpentin est logé; deux ouvertures au bas de cette enveloppe et une cheminée de plusieurs mètres, sur la partie supérieure, produisent un tirage dont l'effet réduit la masse du vesou primitif à un volume assez faible pour que sa densité monte de 7 à 21 degrés, densimétriques. Le monte-jus l'envoie au filtre à noir en grains et de là, sans tarder, à la cuite. Un serpentin de 20 tubes de 2 mètres, chauffé à + 60 degrés, peut réduire, en vingt-quatre (vingt) heures, 2400 hectolitres à 800, ou faire monter le vesou de 7 à 21 degrés.

1013. Les appareils d'évaporation à l'aide du vide produisent le résultat avec économie; ce n'est pas toujours une raison décisive pour leur emploi, ces appareils sont très-coûteux et une économie moindre peut suffire à celui qui ne dispose pas des capitaux nécessaires pour leur acquisition. Il a été fait de nombreux essais dans le but de réaliser l'évaporation, sous la pression de l'air, au meilleur prix possible; voici les principaux :

Concretor Fryer. — Il se compose de deux parties : le *trait* ou *plateau*, appareil fixe; et le *cylindre*, appareil tournant.

Le trait (fig. 211) est un assemblage de plateaux en fonte peu

Digitized by Google

profonds (60 millimètres), larges de 2 mètres et divisés, chacun, en six compartiments par des cloisons, en fonte, échancrées à une de

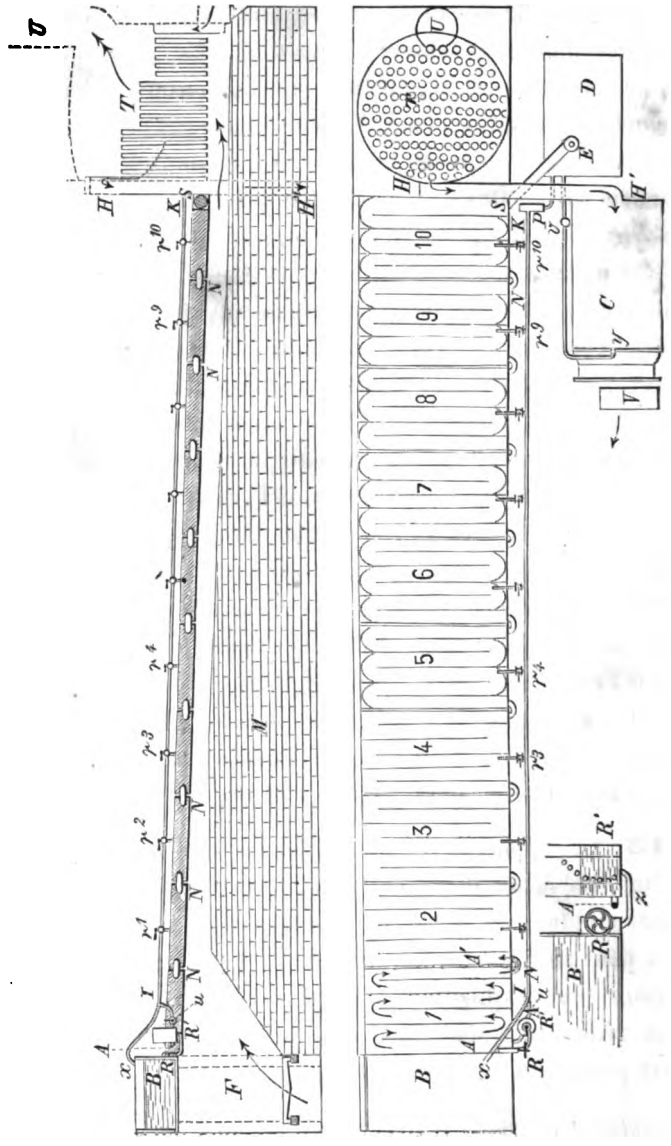


Fig. 211.

leurs extrémités, *en chicane*, pour obliger le vesou à parcourir six fois leur largeur avant de passer de l'un dans l'autre. La sortie A, de

Digitized by Google

l'un, communique avec l'entrée A', du suivant, par un tube en cuivre courbé N, qui supporte les effets de leurs dilatations et contractions. Le vesou descend, du premier plateau jusqu'à l'extrémité du dixième, par l'effet de la pente, qui est de 1/30 environ; il parcourt 120 mètres (non compris les tubes courbés en cuivre) et arrive de 7 degrés (densimétriques) à 24, au moins, lorsqu'il atteint l'extrémité de sortie S, d'où il va passer au cylindre. Pour assurer cet accroissement de densité, le vesou, d'abord amené dans un bac B au-dessus du foyer F, coule, en quantité réglée, par le robinet-tiroir R et le régulateur R' (1), dans le premier compartiment A, d'où il passe dans les suivants. Le feu de bagasse (ou de charbons à longues flammes) porte sa température à + 65° — 70° en A; à 100, 105 ou même 110° en A^{10}, lorsqu'il a pris la densité de 24 degrés, qui est nécessaire et suffisante pour son admission dans le cylindre. Cette partie du travail doit être surveillée avec soin. Un enfant peut suffire à écumer le vesou, dans tout le parcours du *trait;* lorsque le degré de sirop paraît atteint en S, on fait tomber le liquide dans un bac D, en traversant l'éprouvette E, dans laquelle un densimètre fait constamment voir le degré. Si le chiffre 24 n'est pas atteint, on met en jeu la pompe P qui reprend le sirop dans le bac et l'envoie, par le tube KI, et l'un des robinets r^5, r^4,... au plateau dans lequel on a déjà le même degré.

Si le sirop du bac est bien à 24°, on le laisse aller au cylindre C par le tube *vx*. Cet appareil de cuite est en cuivre: son diamètre 1m,25, sa longueur 1m,8 à 2 mètres. On lui donne une pente légère pour faciliter l'extraction de la cuite, ou du *concret*; l'évaporation y est achevée par un ensemble de moyens destinés tous à renouveler les surfaces du sirop dans un grand volume d'air chaud. Pour le renouvellement des surfaces, on donne au cylindre une rotation de un

(1) C'est un cylindre en tôle percé d'une ligne de trous en spirale; il est placé au centre d'un second cylindre à paroi pleine. Le vesou, amené au centre de son fond, déborde par un trou plus ou moins élevé de la spire, suivant la grandeur du robinet-tiroir, qui donne l'entrée, et celle d'un robinet ordinaire, donnant la sortie, du cylindre-enveloppe dans la rigole. On évalue la rapidité de la marche par le nombre des trous couverts.

Digitized by Google

tour en 15 secondes (obtenue par l'action d'une machine à vapeur et facilitée par des galets). Le liquide, reçu dans un espace annulaire où il conserve une hauteur de 120 millimètres environ, déborde sur des plaques de tôle héliçoïdales perforées, où il se développe entièrement et offre une surface de plus de 30 mètres carrés. Pour mettre ces surfaces en contact avec un grand volume d'air chaud, Fryer établit près de l'entrée du sirop un ventilateur V, capable d'amener 200 à 250 mètres cubes d'air par minute, depuis l'orifice G, au travers des 450 tubes T, chauffés par la chaleur perdue au bout du trait; l'air chaud, à + 150°, descend par un canal oblique HH′ jusqu'au centre du cylindre, traverse la masse de sirop divisée et agitée, se charge d'une grande quantité de vapeur pure et achève la concentration. Le sirop concrétable sort du cylindre en une bouillie granulaire, encore fluide, parce qu'elle conserve 90° à 95°, mais qui ne tarde pas à former une masse solide en refroidissant.

Le *concretor* est un appareil économique, au point de vue dont j'ai parlé tout à l'heure, mais non comparable aux appareils d'évaporation par le vide. Jamais il ne donne et ne peut donner d'aussi beaux résultats. Son infériorité est surtout très-grande lorsque les sucres sont vendus à la nuance. Il est presque impossible de cuire des vesous de qualité courante, sous la pression de l'air, sans les colorer fortement. La moindre irrégularité dans le fonctionnement du cylindre entraîne des travaux difficiles pour sortir la masse cuite, la réchauffer si elle est trop refroidie, etc. Cependant il rend service aux fabricants privés du capital nécessaire à l'acquisition d'un triple effet et ses produits, même les plus colorés, sont admis dans les raffineries; desséchés au point presque extrême, ils peuvent supporter de longs transports et, malgré leur coefficient salin un peu plus élevé, constituent une matière première de bonne qualité.

1014. Philippe fils a inauguré un appareil assez analogue, je ne crois pas nécessaire d'en parler. (On trouvera sa description dans le *Bulletin d'Armengaud*, XXXIV, p. 716.)

1015. L'évaporation peut être faite à la vapeur sans grande dé-

Digitized by Google

vec plus d'avantage qu'à feu nu. Nous employons pour ion des eaux de suint, plus difficiles à cuire que les jus ı système dont je puis recommander l'usage. La vapeur e au fond de chaudières longues de 4 à 5 mètres, larges ondes de 0,70, dans un serpentin de 4 ou 5 tubes, occu- ment un côté de la longueur, environ $0^m,4$. Cette disposi- imple établit un courant dans le liquide, renouvelle lement la surface, et peut amener le sirop à 45° ou même une véritable économie.

. *Filtration.* — Les jus de canne exigent beaucoup moins ıe ceux de betterave, on peut même n'en pas employer, du état de noir en grains, à cause des dangers signalés § 917 ; jus par un peu de noir fin, comme en raffinerie, est bien ıent de tout point préférable.

. Les sucres de cannes, en raison même de leur plus grande lative, présentent, encore mieux que ceux de betterave, les ıversion dont nous avons parlé § 782. Ces effets dépendent ıpérature, de la durée du contact des sucres avec l'eau, de etc., on les trouve produits, comme on doit s'y attendre, rtion de ces diverses causes. Voici des expériences qui le :

nce de la température. — Des sucres d'Égypte, con- flacons bouchés avec du liége, ont été conservés, les uns cave où la température, à très-peu près stationnaire, ulement de + 12 à 14 degrés; les autres, dans une salle l'étuve, chauffée à + 50 degrés presque régulièrement, refroidissements hebdomadaires à + 15 ou 18 degrés. Ces ıt donné :

Flacons restés dans une cave à + (12° *à* 14°).

	Sucre normal.	Inverti réducteur.	Humidité.	Cendres.
e A.....	90.0	0.32	7.31	2.04
B.....	91.2	0.29	6.04	1.87
C.....	89.3	0.35	8.62	2.66

Digitized by Google

Après 102 *jours dans la cave.*

	Sucre normal.	Inverti réducteur.	Diminution du sucre normal.	Augmentation de l'inverti réducteur.
Sucre A.....	88.38	2.44	1.62	2.12
— B.....	90.04	1.35	1.16	1.06
— C.....	85.18	6.49	4.12	6.14

Après 310 *jours.*

	Sucre normal.	Inverti réducteur.	Diminution du sucre normal.	Augmentation de l'inverti réducteur.
Sucre A.....	87.01	3.94	2.99	3.62
— B.....	89.21	2.56	1.99	2.27
— C.....	81.72	10.39	7.58	10.04

Flacons placés dans une étuve à + 50.

Après 105 *jours dans l'étuve.*

	Sucre normal.	Inverti réducteur.	Diminution du sucre normal.	Augmentation de l'inverti réducteur.
Sucre A.....	87.84	2.88	2.16	2.56
— B.....	89.41	1.91	1.79	1.62
— C.....	84.07	7.75	5.23	7.44

Après 304 *jours.*

	Sucre normal.	Inverti réducteur.	Diminution du sucre normal.	Augmentation de l'inverti réducteur.
Sucre A.....	66.11	4.69	2.89	4.37
— B.....	88.62	2.87	2.58	2.58
— C.....	80.14	11.93	9.16	11.58

Les mêmes sucres, desséchés dans le vide sulfurique pendant huit jours, ont été réduits à

0.26 humidité pour le sucre A
0.24 — — B
0.31 — — C

Dans ces conditions, ils ont pu être conservés intacts ; on a obtenu en sucre normal, même pendant trois cent quarante jours, à la cave ou dans l'étuve :

	De la cave.	De l'étuve.
Sucre A.....	90.04	90.01
— B.....	91.22	91.20
— C.....	89.29	89.24

Digitized by Google

Je ne saurais trop recommander ces résultats aux vendeurs ou aux acquéreurs de sucre. Dès le débarquement, il y a un intérêt sérieux à faire sécher les sucres destinés à une conservation un peu longue.

L'influence de l'eau est celle qui est le plus vivement ressentie; les sucres placés dans des magasins humides y sont fortement exposés; si la quantité d'eau peut atteindre, même en des points isolés, la proportion nécessaire pour liquéfier le sucre et si la dissolution, ainsi formée, n'est pas à l'abri des matières étrangères, elle peut devenir acide et hâter grandement l'inversion des parties voisines. C'est ce qui arrive fréquemment aux sucres transportés sur les fleuves ou sur mer. En pareil cas, toutes les mauvaises influences sont réunies : eau, chaleur, acidité, longue durée de l'action. La chaleur est fournie par l'altération elle-même, par la fermentation produite au milieu de sacs, où l'élévation de la température est abritée contre les causes de dispersion. Les sacs avariés présentent une inversion rapide. Voici des nombres obtenus pour comparer les mêmes sucres de sacs avariés par l'eau de mer, et des sacs restés à l'abri des atteintes de la même eau :

	NON AVARIÉS			AVARIÉS		
	Sucre normal.	Inverti réducteur.	Eau.	Sucre normal.	Inverti réducteur.	Eau.
Guadeloupe.	96.41	0.44	1.51	94.85	2.83	1.96
Cuba.....	87.24	2.79	6.34	85.01	5.15	9.03
Martinique..	91.27	0.66	2.07	88.41	4.54	6.14
Réunion....	95.14	0.82	1.73	92.36	3.66	3.27
Inde.....	90.46	1.74	8.98	87.65	5.52	6.44

Une remarque très-importante peut être faite sur ces divers résultats. Presque jamais le sucre inverti réducteur n'est en rapport simple avec le sucre normal disparu; voici le tableau de la comparaison :

Digitized by Google

			Sucre normal disparu.	Inverti réducteur théorique.	Inverti réducteur observé.
Dans la cave...	102 jours.	A....	1.62	1.701	2.12
		B....	1.16	1.218	1.06
		C....	4.12	4.326	6.14
	310 jours.	A....	2.99	3.139	3.62
		B....	1.99	2.089	2.27
		C....	7.58	7.959	10.04
Dans l'étuve....	105 jours.	A....	2.16	2.268	2.56
		B....	1.79	1.879	1.62
		C....	5.23	5.461	7.44
	304 jours.	A....	2.89	3.034	4.37
		B....	2.58	2.709	2.58
		C....	9.16	9.618	11.58
Dans un navire.	Guadeloupe.....		1.76	1.848	2.87*
	Cuba.....		2.23	2.351	2.54*
	Martinique.....		2.86	3.003	4.08*
	Réunion.....		2.78	2.919	2.88*
	Inde.....		2.81	2.950	3.98*

* En tenant compte de l'eau.

Ainsi, presque toujours l'inverti réducteur dépasse la proportion théorique; rarement cette proportion n'est pas atteinte, ces irrégularités sont dues à la variabilité des produits de l'inversion; la méthode d'analyse fondée sur l'emploi du saccharimètre et de la liqueur Trommer, admettant la réduction par la totalité de l'inverti, laisse toujours dans l'erreur. Presque toujours une certaine quantité d'*inverti neutre* devient actif sur la liqueur cuivrique, après un temps plus ou moins long; ce n'est pas le sucre normal qui change, le plus ordinairement; c'est la partie dont l'inversion est commencée qui éprouve l'achèvement de cette inversion; du période de neutralité optique et chimique (cette dernière avec le cuivre) elle passe au pouvoir lévogyre et à une activité chimique de plus en plus grande. C'est une nouvelle preuve de cet ébranlement, ou plutôt de cette agitation moléculaire continue, sur lesquels j'ai attiré, le plus fortement possible, toute l'attention de mes lecteurs dans les paragraphes 125,130 et suivants (1).

(1) Des expériences du même genre ont été publiées récemment : *Comptes rendus*, et *Journal des fabricants de sucre*, 2 mai 1877.

Digitized by Google

1018. Une observation récente de A. Baudrimont doit être rapportée : Un sucre en grains de la Réunion, dissous dans l'eau distillée, donne en vingt-quatre heures une solution très-visqueuse et qui le fut encore après vingt-quatre autres heures. Une addition d'alcool trouble le liquide et y forme peu à peu un dépôt, sans précipiter de sucre. Décantée, la liqueur filtre facilement et, par l'évaporation, donne de forts cristaux de sucre transparents, légèrement brunâtres, sans le moindre résidu étranger. Le dépôt lavé, l'alcool séché à l'étuve, au-dessous de 100 degrés, ne contenait pas plus de 1/200 de matière minérale siliceuse en petite partie; c'était un produit ou un mélange renfermant 0,055 d'azote.

Baudrimont croit voir là une preuve de plus de la nature azotée des ferments, tout en faisant ressortir lui-même la pauvreté d'azote et la différence du corps dont il s'agit avec « les matières albuminoïdes qui sont l'origine de la plupart des ferments connus. »

Son opinion a un côté bien intéressant : « Le ferment qui détermine la prétendue fermentation visqueuse est donc un produit azoté », dit-il, et un peu plus haut : « la fermentation visqueuse, au moins lorsqu'elle commence à se manifester, n'est nullement due à une altération du sucre, mais simplement à un développement tout spécial du ferment qu'il renferme. » Ainsi, le corps azoté n'est pas capable de produire la fermentation visqueuse du sucre (ce qui s'accorde avec mon observation, *Traité des vins*, p. 432), il se modifie seulement; Baudrimont a analysé les sucres de canne et de betterave, il a trouvé :

Sucres de canne (Réunion)...	0.0025 azote =	0.045 ferment.
Sucres de betterave (Nord)...	0.0000	(1).

1019. Peut-on améliorer le procédé, ci-dessus décrit, dont toutes les parties semblent avoir, inévitablement, reçu tous les profits de l'expérience ancienne et chaque jour éclairée par les progrès de la science? Deux améliorations importantes me paraissent possibles :

1° Appliquer à la canne le procédé de conservation, avec préservation du sucre, dont je n'ai cessé, depuis vingt et un ans, de recom-

(1) *Comptes rendus*, LXXX, 1253.

Digitized by Google

mander l'emploi. J'ai déjà dit combien cet emploi, tout à fait intégral, aurait d'avantages.

Mais on peut en faire un usage partiel, et je dois le signaler maintenant. Pendant le transport des cannes, depuis le champ de coupe jusqu'à la sucrerie, la chaux pourrait servir à empêcher leur altération qui est toujours très-notable. Il suffirait de préparer à l'avance, chaque jour pour le lendemain, une quantité de chaux éteinte, en poussière sèche, à raison de 1 à 2/100 des cannes. On placerait les tronçons dans un chariot assez bien construit pour ne pas laisser perdre cette poussière de chaux et on les saupoudrerait à mesure, aux extrémités surtout, pour ne laisser aucune prise à l'air et, par suite, aux décompositions que son influence produit rapidement. Les cannes, ainsi chaulées, seraient passées au moulin avec la chaux, et le vesou serait immédiatement rendu alcalin, au degré le plus convenable, pour le reste du travail.

Le maniement de la chaux en poussière a des inconvénients dont je connais toute l'étendue ; mais il n'est pas du tout impossible de les réduire à très-peu de chose ; c'est une habitude à prendre et l'industrie résout toujours les problèmes, même plus difficiles que celui-là, quand elle comprend bien le profit à obtenir. Ici le profit est considérable : on éviterait presque complétement l'inversion (la formation du glucose, puisqu'on donne à l'inverti ce nom impropre), et les cuites devenues moins colorées, beaucoup moins mélassiques, produiraient un rendement tellement supérieur que l'on oublierait bien vite l'inconvénient des poussières de chaux. Nous avons vu le moyen simple de rendre cet inconvénient presque nul (§ 801). Les bagasses ne sont pas mangées, en général ; on peut donc les chauler sans crainte, ce qui est impossible avec la pulpe de betterave.

1020. Une autre marche, très-différente, peut donner aux sucreries la solution complète du problème de l'extraction totale du sucre : c'est celle dont je parlerai chap. XIV, *Procédé d'inversion*, et qui peut être employée pour la canne, avec beaucoup plus de facilité que pour la betterave. En peu de mots nous pouvons le faire comprendre.

Après le turbinage du premier ou du second jet, au gré du fabri-

Digitized by Google

cant, nous sommes en présence de deux matières distinctes renfermant du sucre :

1° La bagasse où reste engagée l'importante fraction de 26 ou 27/65 du vesou (1), c'est-à-dire 40/100 en nombre rond;

2° Le sirop contenant 50/100 de sucre dont l'extraction n'est jamais totale et exige encore une ou deux cuites pour laisser de la mélasse.

Il est facile d'extraire *complétement* le sucre des deux matières en produisant l'inverti, dont nous avons expliqué la valeur avec tout le développement nécessaire. Ainsi :

1° Les bagasses tombant du moulin peuvent être immédiatement plongées dans un bain d'eau acidulée au 1/1000. Le volume (ou poids) de cette eau doit être un peu moindre que le poids de bagasses : 900 litres (ou kilogrammes) pour 1000 de bagasse. Le sucre du vesou que retient cette dernière est ainsi délayé dans 10 fois son poids d'eau, à très-peu près, et d'une eau au 1/2000 d'acide (2). Ces conditions sont bonnes pour une inversion très-prompte à 100 degrés. On porte la chaudière (étamée à l'étain pur) au bouillon, par la vapeur, et dix minutes plus tard, le sucre est complétement inverti. On laisse couler dans la chaudière de neutralisation tout ce qui peut couler spontanément et, pour obtenir le reste du liquide, on porte la bagasse au moulin où, cette fois, elle exige beaucoup moins de force et donne un rendement de 85, parce que les parois des cellules ligneuses, désagrégées, rendues plus molles par l'acide, permettent l'écoulement presque complet de tout le liquide imbibeur. Le vesou exprimé doit aller rejoindre la partie spontanément écoulée dans la chaudière de neutralisation : alors on ajoute du carbonate de baryte un poids double de celui de l'acide employé (3).

(1) J'admets 65/100 de vesou produit sous le moulin et 35 de bagasse. En déduisant 8 ou 9 de ligneux (§ 633), on a 26 ou 27 de vesou, entièrement perdu dans le travail ordinaire.

(2) L'acide peut être en partie neutralisé par les sels de la canne. Il faut s'assurer au moyen du tournesol, ce qui est bien facile, de l'*acidité très-nette* du liquide. On acquiert promptement l'habitude de mesurer cette acidité.

(3) $36^{kil}.5$ d'acide HCl réel sont ordinairement dissous par 7 HO, ou 63 kilogrammes d'eau; l'équivalent est donc $99^{kil}.5$ pour l'acide jaune, commercial, à

Digitized by Google

On porte de nouveau le liquide au bouillon, pendant une ou deux minutes, et on y ajoute du noir fin en quantité suffisante pour décolorer ; le noir atteint la proportion ordinaire de raffinerie, c'est-à-dire au maximum 2 kilogrammes par hectolitre ; on agite continuellement jusqu'à ce que la température descende à + 60 degrés ; alors on fait passer toute la masse au filtre Taylor, ou au filtre-presse spécial, à toile pelucheuse, dont nous parlerons en étudiant le raffinage. On procède ensuite à l'évaporation et à la cuite. Un deuxième traitement par le noir peut être nécessaire quand le sirop est amené à 24 degrés densimétriques. On obtient un sirop d'inverti limpide et d'un excellent goût.

Les avantages de ce travail sont encore plus grands avec la canne qu'avec la betterave. On peut les calculer très-approximativement, comme il suit :

Dans le système ordinaire, *à partir du premier jet* (supposons ce point de départ), le fabricant possède : 35 kilogrammes bagasse, renfermant 26 à 27 vesou entièrement perdu ; et, en admettant 75 kilogrammes de sucre dans 1 hectolitre, ou 145 kilogrammes, de masse cuite, 70 kilogrammes sirop valant, à peu près, 18 francs les 100 kilogrammes, soit 1260 francs. De ce sirop il peut obtenir, en deux autres jets, à peu près :

20 kilogrammes de sucre à 48 francs, soit.....	9.60
50 kilogrammes mélasse à 10 francs, soit.....	5 »
Ensemble.....	14.60

mais à la condition de faire deux cuites et turbinages, coûtant à très-peu près 2 francs, ce qui réduit le bénéfice total à 12 fr. 60.

20° (densimétriques) ; 40 kilogrammes d'acide SO^3 réel sont unis avec 1 HO ou 9 kilogrammes ; l'équivalent de l'acide sulfurique est 49 kilogrammes, et toujours un peu plus, soit en nombre rond 50 kilogrammes.

On a ainsi : pour l'acide chlorhydrique.. 100 kilogr. (en arrondissant),
et pour l'acide sulfurique..... 50 — (id.).

La neutralisation exige 98kil.5 de carbonate de baryte, c'est-à-dire :

Poids égal pour l'acide chlorhydrique,
Poids double pour l'acide sulfurique ;

L'emploi de ce dernier est préférable.

Digitized by Google

Dans le système que nous proposons on obtient :

Les 26 à 27 kilogrammes de vesou de la bagasse = 1/5 de sucre, soit $5^{kil}2$ à $5^{kil}4$, ou en nombre rond 5 kilogrammes.

Les 70 kilogrammes sirop de premier jet sont conservés par l'inversion ; soit en tout 75 kilogrammes de sucre inverti sirupeux, mais vendable au prix du grain de premier jet, au moins, soit 75 kilogrammes à 50 francs = 37 fr. 50.

Le bénéfice est donc 37.50—14.60—22.90 pour le nouveau système par hectolitre de masse cuite, soit pour 685 kilogrammes de vesou, et à 65/100, pour 1050 de cannes; soit 21 fr. 81 pour 1000 kilogrammes de cannes; soit en nombre très-rond, 20 francs pour 1000 kilogrammes de cannes (1).

1021. Je donnerai maintenant plusieurs études spéciales dont on peut tirer grand parti dans la direction des fabriques.

Voici des observations faites à la Réunion par M. A. Delteil, directeur de la station agronomique de cette colonie :

« Presque tous les achats de sucre se sont faits à l'analyse. La législation actuelle qui régit les sucres oblige en effet, jusqu'à un certain point, les négociants à se rendre compte de la richesse saccharine de la denrée dont ils veulent se rendre acquéreurs. Il est même de leur intérêt d'agir ainsi, afin de se rapprocher autant que possible du titre 92 degrés, au délà duquel on paye un droit de 3 francs par 100 kilogrammes, ou bien de dépasser ce titre et d'arriver aux rendements de 95 et 96 degrés, afin de compenser, par une richesse plus grande, la différence du sur-droit. Il est évident que l'analyse seule peut éclairer l'acheteur et lui offrir une base d'appréciation

(1) On admet que la fabrication du sucre de cannes atteint, dans le monde entier, 1500 millions de kilogrammes de sucre. Au rendement 7, ce sucre provient de 21.430 millions de kilogrammes de cannes. Le bénéfice du système appliqué partout serait :

428.600.000 francs chaque année.

Le sucre sirupeux, l'*inverti*, comme on commence à le nommer, est d'une vente facile dans toutes les régions équatoriales surtout; les habitudes des populations et leurs goûts rendent la consommation d'un sirop toute naturelle. On peut être assuré de ne trouver sous ce rapport aucun obstacle.

Digitized by Google

que la nuance ne pourrait lui donner, à un si haut degré de précision.

Les habitants sucriers pourraient, eux aussi, retirer des analyses saccharimétriques de bien utiles renseignements, au point de vue de la fabrication du type de sucre le plus avantageux pour la vente.

Ainsi, étant donnée la composition d'un sucre de premier jet et celle d'un sucre de sirop qui doit servir de mélange, on peut arriver facilement à connaître la proportion du second sucre à ajouter au premier, pour se tenir le plus près possible du titre 92 degrés, sans le dépasser. Prenons un exemple :

Soit un sucre de premier jet titrant.....				93°
et un sucre titrant.....				85°
Un mélange de	10	pour 100 de	sucre sirop titrerait.....	92°20
—	15	—	—	91°76
—	20	—	—	91°40
—	25	—	—	91° »
—	30	—	—	90°60

Voilà, si je ne m'abuse, des données simples, utiles, dont les usiniers de France profitent habilement pour vendre leurs sucres le plus cher possible, tout cela en payant le minimum d'impôts, et dont les habitants pourraient également se servir pour opérer les mélanges les plus avantageux à leurs intérets.

Le nombre des analyses, faites l'année dernière, s'est élevé au chiffre de quatre-vingt-trois. J'ai cherché à établir dans les tableaux suivants le rendement général de ces sucres. Quand j'aurai terminé toutes les analyses des sucres de cette campagne, les éléments de ce travail me serviront de terme de comparaison, afin d'apprécier la différence qui pourra exister entre le rendement de l'année dernière et celui de cette année.

Sucre de la campagne de 1875.

Composition moyenne déduite de quatre-vingt-trois analyses de sucre.

		Extrêmes.	
Sucre cristallisable.....	91.80	98.00	92.00
Glucose.....	1.40	3.03	0.37
Cendres.....	0.59	0.99	0.18
Rendement.....	86.50	95.76	81.00

Digitized by Google

2	sucres ont titré.....		98°
18	—	—	97°
33	—	—	96°
20	—	—	95°
6	—	—	94°
4	—	—	93°
2	—	—	92°
83			

Rendement général par quartiers.

ous le Vent.		Quartiers du Vent.	
.....	89.06	Saint-Denis et Sainte-Marie.....	92.58
ie.....	91.40		
.....	91.34	Sainte-Suzanne.....	93.13
.....	91.20	Saint-Benoît.....	92.55
.....	91.36	Sainte-Rose.....	89.78
t moyen..	90.87	Rendement moyen...	92.03

si, cette année, cette proportion se maintiendra; d'hui, il est hors de doute pour moi que la fabri- onnera des sucres mieux faits et plus riches que igne précédente. On peut s'en faire une idée par nts :

analyses de sucre de premier jet, le titre saccharimétrique n est de..... 96°
idement moyen de..... 90°

1	sucre a titré.....	98°5	
2	sucres ont titré.....	98°25	
6	—	98°	
26	—	97°	à 97°25
4	—	96°	à 96° 5
4	—	95°	
4	—	94°	
57			

chors des analyses commerciales de sucre, un cer- vesous ont été examinés en vue de recherches ayant s scientifique.

ue, dans certaines conditions dont je n'ai pu encore compte, des vesous défequés à la chaux, mis en e et expédiés au laboratoire pour y être analysés, server cinq ou six jours sans altération. Ainsi des *rouge blonde et de Guinghan*, défequés, l'un à la l'acétate de plomb, envoyés au laboratoire le 7 sep-

Digitized by Google

tembre et analysés le 13 septembre, n'ont pas donné plus de 0.21 et 0.33 de glucose. — Un vesou, pris à un autre établissement et dosant 0.29 de glucose après défécation à la chaux, titrait, le lendemain, après trente-quatre heures de bouteille, 2.53 pour 100 de glucose. A quelles causes attribuer ces variations considérables dans la conservation des vesous? De plus nombreuses observations pourront nous éclairer plus tard sur ces anomalies. Le résultat le plus sérieux de ces essais, c'est que le vesou déféqué à raison de 10 pour 100 d'acétate de plomb peut se conserver presque indéfiniment sans altération, ce qui donnera aux propriétaires désireux de faire analyser leurs vesous, au point de vue de la maturité des cannes, un moyen assuré de les faire voyager en toute sécurité.

Une autre expérience, qui devra être répétée bien des fois avant de pouvoir servir de base à des calculs de rendement à l'usine, a été faite chez un habitant de la Rivière des Pluies. Les résultats m'en ont paru trop intéressants pour que je ne cherche pas à les faire connaître dès à présent.

Je désirais, depuis longtemps, savoir quelle pouvait être la proportion de glucose qui se formait pendant le travail des vesous... L'usine dans laquelle j'ai opéré cuit son vesou à l'aide d'une batterie Grimart et le concentre dans un appareil Wetzell (1). Les conditions classiques d'inversion du sucre s'y trouvent donc amplement réunies... Malgré toutes ces causes de destruction du sucre cristallisable, les

(1) L'un des instruments qui ont le plus séduit certaines personnes est celui de Wetzell; c'est un évaporateur à vapeur et à rotation; la condition de tourner est, à mes yeux, une cause de rejet absolu. Le mouvement de ces appareils coûte toujours énormément plus cher qu'il ne rapporte. En outre, l'appareil est d'une structure compliquée : vingt-quatre à trente-six tubes horizontaux, fixés par chacune de leurs extrémités dans une calotte creuse, peuvent être baignés, au 1/5 ou au 1/4, dans le jus ou sirop à concentrer, et mis en mouvement par une transmission du moteur général à un pignon, et de ce pignon à une roue calée sur leur axe, qui est creux. La vapeur, introduite dans cet axe même, traverse les calottes et les tubes; elle détermine une évaporation puissante par la surface des tubes, pendant le temps de leur émersion, et se condense par conséquent en grande proportion dans les tubes; tous les mauvais effets de la présence de cette eau sont inévitables : effets de *marteau d'eau*, fuites, dislocation des tubes, etc. Les résultats obtenus sont très-inférieurs à ceux du système que j'ai indiqué § 1015.

Digitized by Google

é que la formation du glucose n'était pas aussi con-
ı pouvait raisonnablement le supposer, d'après la

[ue l'auteur cite là, ce sont des faits bien connus, en
eu encore, paraît-il, dans les colonies. Les jus de
équés sont assez purs, au point de vue des agents
ur pouvoir être considérés comme de l'eau sucrée.
'eau pure n'est pas assez grande pour produire des
x comme l'auteur le craignait (§ 27). En second lieu
qués à la chaux et conservant un petit excès de cette
conserver cinq à six jours sans altération. Il en a été
ux dont la défécation avait été faite avec de l'acétate
ue. Au bout des six jours ces jus ne donnaient pas
0.33 de glucose (il faut bien entendre par glucose :
i réductrice des liqueurs de cuivre). D'autres vesous
aux, mais sans excès d'alcali, n'ont pu être conservés;
:ose était relevé à 2.53 en trente-quatre heures.
trop recommander ces faits observés par un auteur
sé (car il semble ne pas connaître encore les causes
vation, dont il exprime son étonnement), à tous les
ntéressent aux conditions de la bonne fabrication du
est loin de nuire aux jus de canne; elle leur est favo-
ceux de betterave.
que l'emploi de 10 pour 100 acétate de plomb pour
jus destinés à l'analyse pendant un transport de
l affirme que ces jus peuvent « se conserver indéfi-
ltération. » C'est parfaitement vrai, parfaitement
ion travail de 1855. Delteil en donne une preuve de
avec raison les fabricants à étudier la maturité des
alyse.
ɔérimenté provenait de cannes *guinghan* et pesait
écation. Dans ces conditions, la proportion de
t à 0.29 pour 100, et le sucre cristallisable à 18 pour

Digitized by Google

La clairce, marquant 26°,2, a été refroidie, puis ramenée, par addition d'eau, à 8°,3, la proportion de glucose était de 0.56.

Enfin le sucre provenant de la cuite a été délayé dans l'eau de façon à donner un liquide d'une densité de 8°,3, la proportion de glucose n'était que de 0.57 pour 100.

La quantité de glucose avait donc à peu près doublé pendant le travail de la batterie et était restée, pour ainsi dire, stationnaire pendant la dernière opération.

Si, au lieu de considérer le vesou tel qu'il est, on isole par la pensée la proportion d'eau qu'il renferme pour ne voir que le sucre qu'il contient, on verra que 100 parties de sucre de vesou représenteraient :

96.39	de sucre cristallisable,
1.61	de sucre incristallisable.
100.00	

et que, dans 100 parties de sucre de la clairce et du sucre brut, il se trouvait environ :

95.00	de sucre cristallisable,
3.15	de sucre incristallisable,
1.85	de matières étrangères.
100.00	

Ces résultats prouvent que plus les cannes manipulées seront mûres, plus les vesous seront riches et moins les sucres contiendront de glucose, même dans les conditions défavorables où se trouvent les usines travaillant à feu nu et à basse température. Si, dans l'expérience citée plus haut, le vesou eût renfermé 0.58 pour 100 de glucose, la clairce et le sucre eussent doublé ce chiffre, qui se serait élevé à environ 1.10 pour 100; et cent parties du sucre brut non turbiné auraient eu la composition présumée suivante :

Sucre cristallisable	92
Glucose	6
Matières étrangères	2
	100

Mais il ne faut accepter, pour le moment, ces données qu'à titre

Digitized by Google

ement, des expériences de ce genre devant être pour-
le plus d'établissements possible, afin d'arriver à des
plus certaines et plus rigoureuses.

En dehors de ces expériences, d'autres essais ont été
cannes de Maurice, à la même habitation. Ils me pa-
ez intéressants pour ne pas les passer sous silence. Ils
ıés dans le tableau suivant :

des cannes altitude) emière coupe.	Pression au moulin. Vesou. pour 100	Bagasse. pour 100	Degrés densimétriques (1).	Composition du vesou. Glucose. pour 100	Sucre. pour 100
.....	70.80	29.20	6°,5	0.66	12.84
.....	73.30	26.70	7°,0	0.82	15.28
ɔlonde.	69.20	30.80	9°,6	0.42	14.48
.....	65.30	43.70	7°,8	0.12	18.54
.....	66.80	33.20	7°,0	0.18	16.03
ınche.	65.40	34.60	7°,8	0.07	18.62
ıge.	64.10	35.90	7°,4	0.09	17.40
.....	67.60	32.40	7°,8	0.13	21.10
ïti.....	72.60	27.40	8°,7	0.15	21.10
ıe.....	68.34	31.66			

ion des cannes n. altitude) Première coupe.	Poids des cannes pour 1 barique de vesou. kilogr.	Rendement en vesou à la gaulette. litres.	Poids des cannes à l'hectare. kilogr.
.....	316	»	»
ge.....	305	0 b.50 (117)	65.000
e blonde.....	323	0 b.87 (194)	120.000
or.....	342	0 b.87 (194)	120.000
.....	334	»	»
ɔlanche.....	341	0 b.45 (100)	64.000
·ouge.....	349	0 b.39 (87)	57.000
e.....	330	0 b.37 (82)	50.000
ɔtaïti.....	309	0 b.39 (87)	50.500

ıt l'habitation *la Surprise*, je me suis arrêté quelques
ıbitation de M. Dussac, *Stella-Matutina*. J'ai pu faire, à
ques analyses de vesou de cannes rouges, 9°,50 et 9°,9, et
).31 pour 100 de glucose et 22 pour 100 de sucre. La

(1) Les degrés donnés par l'auteur sont traduits en degrés densimé-

Digitized by Google

clairce de ces mêmes vesous, ramenée à la même densité, ne contenait pas plus de 0.45 pour 100 de glucose, et la dissolution de sucre brut (à 9 degrés) 0.90 pour 100 de glucose. La proportion de ce dernier corps avait donc triplé pendant la fabrication.

Les terres du Gol, dont les récoltes fabuleuses se soutiennent depuis si longtemps sans aucune diminution, doivent cette excellente situation, non-seulement à leurs qualités physiques et à l'irrigation, mais aussi à un bon assolement et à un apport constant d'engrais, sous forme de fumier et de guano. On fume en plantant; on fume les premières, deuxièmes et troisièmes repousses. Ces sols, quelque bons qu'ils soient, sont néanmoins très-sensibles à l'effet des engrais, dont on a reconnu l'emploi indispensable. Aussi la perspective de manquer de guano a-t-elle fait accepter avec empressement l'idée de rechercher quelles pouvaient être les matières fertilisantes qui seraient susceptibles de remplacer cet engrais. J'ai examiné, à l'usine du Gol, des vesous de cannes guinghan, de première coupe, de deux ans et d'un an. Il était intéressant de rechercher si les vesous de cannes d'un an, que l'on peut considérer comme n'ayant pas encore atteint leur complète maturité, renfermaient plus de glucose que les vesous de cannes de deux ans. Voici les résultats de trois analyses :

Usine du Gol.

Cannes guinghan, D. 8°,2, glucose.....	0.42
Première coupe de deux ans, sucre.....	19.58
Guinghan, D. 8°,2, glucose.....	0.16
Première coupe d'un an, sucre.....	19.39

Château du Gol.

Guinghan, D. 7°,8, glucose.....	0.23
Première coupe d'un an, sucre.....	18.47

A l'établissement de Belle-Vue, du vesou de cannes rouges, de première coupe, de deux ans, d'une densité de 9 degrés, a donné :

Glucose.....	0.40
Sucre.....	21.00

Les sucres qui se font dans les usines du Gol sont de trois qua-

Digitized by Google

emière, obtenue par le clairçage à la vapeur de sucre de
t, est d'une couleur et d'un grain admirables. Elle ne
ue des traces de glucose. La seconde qualité contient
100, et la troisième 1.46 pour 100 de glucose. Je n'ai pu
rendement net de ces sucres. Il est probable que les
es du Gol se sont attachés à faire une qualité extra-belle,
de se vendre très-cher, et qu'ils ont voulu, pour les
s qualités, se rapprocher autant que possible du titre de
afin de ne pas payer le droit de 3 francs 30 par 50 kilo-
La nuance et la qualité des sucres que j'ai eus sous les
ɔlent me faire croire qu'ils ont dû atteindre ce double

nes du plateau, qu'on ne laisse plus sur pied, en première
'une année, m'ont paru avec juste raison moins belles que
j'avais l'habitude de voir les années précédentes. Malgré
peuvent encore soutenir la comparaison avec les cannes
ins de la plupart des autres habitations de la colonie. Ce
es coupes annuelles, inauguré depuis deux ans, est encore
ériode d'essai. D'après la production des deux dernières
ne paraît pas avoir fait baisser les rendements, et il aurait
de mettre la récolte à l'abri des coups de vent; il aurait,
revanche, l'inconvénient de fatiguer davantage les terres.
stion va être jugée après l'arrivée d'un des propriétaires
ttendu prochainement.

t-Pierre je n'ai pu visiter que les usines de MM. Mottais et
Choppy. J'ai vu, dans l'établissement de M. Mottais, l'ap-
en grand du procédé de M. Grimaud, qui consiste à addi-
e vesou défléqué et envoyé en batterie d'une certaine quan-
ıcre sirop turbiné.

cédé, appelé par son auteur *rotation continue*, permet d'ex-
dustriellement d'une barrique de vesou qui, en moyenne,
90 livres de sucre pur, 80 à 86 livres d'un seul et même
ınt 91°,30 en rendement net, tout en ne faisant que 3 à
00 de mélasse. Avec la législation actuelle, ce résultat est
ıtageux, puisqu'il permet d'écouler presque tous les bas

Digitized by Google

produits de l'usine, incorporés au sucre de premier jet, sous la forme d'un sucre recherché par les acheteurs à cause de son titre. MM. Grimaud père et fils ont pris un brevet depuis trois ans; ils proposent à tous les habitants sucriers qui voudraient essayer cette nouvelle méthode de l'appliquer chez eux, moyennant l'abandon, pendant deux ans, de la moitié de la plus-value en sucre qu'ils obtiendraient à l'usine.

Mais ce n'est pas tout, ces messieurs m'ont remis *mystérieusement* deux échantillons de sucre de premier jet et de sucre sirop dont la cuite aurait été faite en *dix minutes*. Par quel procédé? Au moyen de quelles machines? Je n'en sais pas plus loin. Le premier de ces sucres est en cristaux grenus, brillants et secs. Il a pour composition :

Humidité.....	0.34	
Sucre cristallisable.....	98.00	
Glucose.....	0.31	
Cendres.....	0.49	
Indéterminé.....	0.86	
	100.00	Rendement net : 94.39

Le deuxième sucre se présente sous l'aspect de gros cristaux rhomboédriques bien détachés, de couleur brune, mais d'un goût agréable. Il renferme :

Humidité.....	0.70	
Sucre cristallisable.....	95.00	
Glucose.....	1.43	
Cendres.....	1.21	
Indéterminé.....	1.66	
	100.00	Rendement net : 86.09

On cultive principalement des cannes rouges à Sainte-Rose (Ravine-Glissante) et à l'habitation de la rivière Saint-Pierre (Morange) où j'ai eu occasion de m'arrêter. Les vesous de ces cannes, dont la densité est en moyenne de 7°,85, renfermaient 0.34, 0.36, 0.44, 0.50 pour 100 de glucose, proportion à peu près égale à celle des vesous des autres localités.

J'ai fait dans un de ces établissements certaines observations, à

Digitized by Google

l'égard des jus provenant des écumes pressées, qui me rangent du côté des opinions exprimées par M. Bonnefin. On ne fait généralement pas assez attention aux chances de fermentation qu'apporte l'addition, en batterie, des jus des écumes. Ce liquide est toujours très-acide; il vient détruire, en se mêlant au vesou déjà défèqué, la neutralité obtenue préalablement par la chaux, et transforme des quantités notables de sucre cristallisable en inverti. J'ai vu des vesous qui renfermaient 0.48 pour 100 d'inverti au début, en contenir 1.9 pour 100 à l'état de clairce (réduite à la même densité que le vesou), résultat dû bien certainement à l'influence du jus des écumes.

M. Bonnefin conseille de traiter les écumes à part, dans un défécateur, de les additionner de chaux et d'eau chaude, et de réserver ce liquide, une fois défèqué et reposé, pour délayer les sucres-sirops destinés à des recuites. Cette idée me paraît juste. Pour ceux qui ne voudraient pas l'appliquer, je conseillerais du moins de recevoir le jus des écumes dans des récipients spéciaux, de presser deux et trois fois les résidus, pour ne rien perdre, après avoir plongé les sacs dans de l'eau tiède, et de n'envoyer ces liquides sucrés dans la batterie qu'après les avoir traités à la chaux jusqu'à neutralité parfaite.

M. Bonnefin estime que son *diviseur filtreur* élimine, à froid et mécaniquement, toutes les matières granulaires (*frai de grenouille*) qui donnent au vesou, filtré même à plusieurs reprises, une apparence lactescente et sont la cause des détériorations des jus. Il n'emploiera la chaux que comme correctif de l'acidité naturelle des vesous. Employée dans la fabrication, elle lui paraît un dissolvant de la matière granulaire. — Il y a là, je crois, une erreur.

E. M.

1025. Voici encore des résultats d'expériences utiles à consulter (1) :

(1) Je les dois à l'obligeance de Delabaratz, de la maison Cail.

Digitized by Google

EXPÉRIENCES DE RENDEMENT FAITES A LA RÉUNION (SEPTEMBRE 1873).

	Quantités de cannes. kil.	Bagasse.	Vesou.	Degrés densimétriques.	Sucre.	Incristallisable.	Total.	Poids pour une barrique.	Espèces des cannes.	Altitude. m.	Observations.
Flavacourt (Ste-Marie)	2000	39.00	61.00	7°.0	»	»	»	393	Sicre.	200	1re coupe, fumiers.
	2000	42.00	58.00	7°.0	»	»	»	412	Rouges et guinghan.	»	—
3 Frères...	1000	43.00	57.00	6°.6	»	»	»	419	Guinghan (de Ste-Suzanne).	»	—
Rivière des pluies. (Mazérieux)	3000	36.28	63.72	7°.8	18.82	8.23	19.05	375	Guinghan.	»	3e coupe, irriguées et fumiers.
	1000	35.3	64.7	8°.2	19.51	0.30	19.81	370	Guinghan.	»	2e coupe, irriguées.
	1000	37.6	62.4	7°.8	»	»	»	390	Guinghan.	»	1re coupe, irriguées.
Savannah..	1000	35.15	64.85	6°.2	»	»	»	»	Guinghan.	»	1re coupe, Terres de l'Étang n. fumées.
	1000	41.1	58.9	7°.8	»	»	»	»	Vergaz (Indo).	»	3e coupe, irriguées, non fumées.
	1000	36.6	63.4	5°.9	»	»	»	»	Éléphant (de Cochinchine.	»	1re coupe, guanées, irrig. et fumées.
	1000	39.5	60.5	7°.4	»	»	»	»	Guinghan.	»	3e coupe, terre sèche, irriguée.
L'Éperon..	1000	38.8	62.2	7°.4	»	»	»	392	Guinghan.	400	1re c., ni fumées, ni irriguées.
Saint-Paul (de Villèle).	1000	43.3	56.7	8°.6	»	»	»	424	Diard.	400	3e coupe.
	1000	42.4	57.6	7°.4	»	»	»	418	Guinghan.	400	2e coupe.
	1000	43.7	56.3	»	»	»	»	423	Guinghan.	400	4e coupe.
St-Paul (de Villèle).....								408			6 expériences (moy. de 393 à 423).

Digitized by Google

1026. En terminant je voudrais citer quelques-uns des résultats obtenus par le docteur Icery ; mais ces résultats datant de plusieurs années sont, en général, très-connus aux colonies. On peut consulter le mémoire de l'auteur dans nos *Annales de chimie et de physique françaises* (4e série, tome V, p. 350).

1027. Les Chinois produisent du sucre de cannes, mais avec peu d'habileté; le jus tiré du végétal par la pression entre deux cylindres de bois était évaporé autrefois à grand feu, probablement pour détruire la viscosité de ce que nous nommons l'inverti ; viscosité toujours un peu nuisible à la cristallisation du sucre normal. Ils obtenaient une masse *noire* dont l'affinage était pratiqué au moyen des blancs d'œufs et de la graisse de poule (attachaient-ils une vertu spéciale à cette graisse, capable comme toute autre de faire tomber la mousse?) : Le premier sucre affiné, le plus blanc, le plus ferme, portait le nom de sucre *mâle ;* le dernier, plus mou, celui de sucre *femelle*. A cette époque reculée, leur classification des cannes reposait uniquement sur la dureté de l'écorce et ne comprenait pas plus de deux espèces : les cannes à écorce dure *Gamfia*, les cannes à écorce mince *Teefia*. De nos jours ils en distinguent quatre : la canne d'Occident, assez ferme et solide pour résister aux morsures de la fourmi blanche et à celles du chacal (?), donne le sucre blanc; une autre la cassonade blanche; une autre la cassonade jaune ; une quatrième est mangée verte.

L'énergie déployée dans la culture de la canne par les Chinois est incroyable. C'est, au reste, un caractère saillant de ce peuple que beaucoup de personnes croient appelé à la domination universelle.

Leur travail moderne comprend l'usage de la chaux, la mise en formes, le terrage : ils obtiennent un beau sucre qu'ils nomment *européen*, pour nous rendre justice. — Ils font du candi en clarifiant au blanc d'œuf et plongeant dans le sirop de minces tiges de bambou fonctionnant comme les fils employés en Europe.

Ils attribuent au sucre une puissance nutritive extrême; c'est le premier aliment à leur yeux. La garde du Fils du Ciel est obligée de manger tous les jours de la canne à sucre et présente un embonpoint

Digitized by Google

remarquable; les animaux en sont aussi nourris; aucune nourriture ne rétablit mieux un animal épuisé.

Les sucres les plus recherchés sont ceux de Formose. qui, depuis la hausse des prix, sont importés en Europe en plus grande quantité que d'habitude. Cette nouvelle invasion, dans nos régions civilisées, d'un produit né sous le soleil qui réchauffa les Huns est même vue avec plaisir par nos raffineurs d'Europe qui l'appellent de tous leurs vœux; mais nous n'insistons pas sur ces considérations, quelque peu étrangères au sujet qui nous occupe, auquel nous avons hâte de revenir.

La Cochinchine vient après Formose. Rouelle l'aîné, chimiste émérite, raconte que de son temps le royaume de Cochinchine faisait une grande consommation de sucre; les Cochinchinois en mangent avec leur riz, et c'est le déjeuner commun des hommes et des femmes de tout âge. Dans toutes les auberges du pays on ne trouve guère que du riz au sucre; c'est la nourriture ordinaire des voyageurs; les Cochinchinois confisent comme nous tous leurs fruits, et, de plus, la plupart de leurs légumes, la citrouille, certains concombres, des racines, la graine de lotus, et la feuille épaisse de l'aloès.

Les Chinois font du glucose avec du blé germé, du riz gélatineux, etc. Ils savent en faire du *sucre d'orge* (1).

(1) *Journal des fabric. de sucre,* 23 mai 1877.

Digitized by Google

CHAPITRE XIII

RAFFINAGE

1027. Le raffinage (on devrait dire l'affinage) consiste à porter le sucre brut des fabriques à un degré de pureté presque absolu; c'est-à-dire à le débarrasser du sucre inverti, des matières étrangères et principalement des sels.

On arrive à ce résultat en soumettant le sucre brut à un nouveau traitement. Après l'avoir fait *dissoudre* dans une quantité d'eau convenable, on le *défèque* ou *clarifie* par un moyen (dont le succès toujours certain, ne me paraît pas justifier le danger), c'est l'emploi du sang et du noir; on *débourbe* pour séparer le dépôt formé, puis on passe sur le noir en grains pour *décolorer*, et l'on fait *cuire*. Cette première opération suffirait pour donner un sucre plus blanc, plus pur même; mais elle n'élimine pas les sels, pas même le sucre inverti, ni les matières azotées, du moins en grande partie. On doit donc faire une seconde opération plus efficace, et cette seconde opération est pratiquée sur le sucre en pain. On commence par *purger* ce sucre, puis on le *blanchit* et on le *dessèche*.

1028. Examinons ces diverses parties du travail :

1° *Dissolution*. — En général on fait dissoudre le sucre dans le tiers de son poids d'eau, à peu près 30 sacs dans 1 mètre cube d'eau. L'opération porte le nom de *fonte* ou *refonte*.

Le sucre n'est presque jamais d'une espèce unique. Entre les *poudres blanches* de betterave et les bas produits de canne, tels que ceux du concretor Fryer, le raffineur voit des nuances innombrables suivant la richesse saccharine, le coefficient de pureté ou salin, la

Digitized by Google

viscosité du sirop dont le sucre normal est imprégné, etc., etc. Son talent principal consiste à choisir et faire des mélanges d'une même richesse et de même aptitude à la purification. Toutes les parties de sucre doivent être analysées et les mélanges composés, autant que possible, d'après la règle ainsi tracée.

Le choix des sucres à mélanger, pour composer une fonte, est une question importante. Il est bien clair que les variations des coefficients de pureté, salin, etc., produiraient dans le travail une irrégularité continuelle des plus préjudiciables à la qualité du sucre et même à la bonne direction de l'usine. Aujourd'hui les raffineurs prennent grand soin d'analyser tous les sucres bruts et de composer les mélanges de manière à leur donner toujours, à très-peu près, le même coefficient salin et en outre la même nature de sels. Le laboratoire de chimie est la pièce fondamentale; on y analyse constamment toutes les matières premières et, d'après ces analyses, on procède à la formation des mélanges. Sucre indigène, sucre exotique, blanc ou de couleur foncée, comme celui du concretor, etc., sont associés dans les proportions jugées convenables, et c'est sur un mélange à peu près uniforme que roule ordinairement le travail de l'usine.

1029. Chacun donne à ses mélanges un coefficient déterminé par son opinion sur l'influence des sels. Ce coefficient n'est pas le même partout; il serait bien utile de connaître et de comparer les résultats obtenus; on en déduirait probablement une règle précise pour le raffinage des sucres de tel ou tel coefficient, et une mesure exacte de la valeur des sucres, d'après leur coefficient. Le raffineur qui publiera ces données pourra rendre un bon service à la fabrication en général,.

1030. L'instrument employé pour la dissolution est une chaudière toute semblable à celle des défécations en fabrique (p. 256). L'eau y coule, par un robinet, d'un réservoir; on chauffe à la vapeur (double fond ou serpentin) et, pendant le chauffage, on verse le sucre par sacs, après avoir écrasé, ou criblé, les gros morceaux des sucres agglomérés, comme ceux du concretor, ou grossièrement récoltés et

Digitized by Google

contenant des pierres, des débris, etc. La dissolution est facilitée par l'emploi de râbles maniés, ou conduits à la machine, et le fondeur dirige sa vapeur de manière à ne pas dépasser + 50 degrés quand la fonte est complète.

La densité du sirop brut est de 20 degrés (1200).

1031. On procède alors à la clarification, dans la chaudière même ou dans une autre spéciale, ce qui est le plus ordinaire. On fait monter le sirop, de la fonte à la clarification, au moyen d'un monte-jus ou d'une pompe, et l'on procède, sans plus attendre, à la deuxième opération.

On verse dans le sirop une certaine quantité de noir fin, de 2 à 4/100 du poids du sucre, suivant la qualité des sirops. Au lieu de sucres bruts entiers, dont nous venons de parler, on ramène à la chaudière les sirops d'égout, dont l'espèce est variable, mais dont la clarification peut toujours être plus facile.

Avec le noir, on jette dans la chaudière une matière albumineuse, du sang, de l'albumine (provenant du serum), des blancs d'œufs, etc. C'est l'emploi de cette matière dont je voulais signaler tout à l'heure le danger, ce que je vais expliquer maintenant.

1032. L'emploi du sang frais n'aurait, ce semble, aucun inconvénient dangereux; versé dans un sirop déjà chaud et qu'on achève de porter assez rapidement à l'ébullition, le sang ne peut que passer à un état de plus en plus inoffensif, par la coagulation de l'albumine et la prompte séparation de la masse coagulée avec le noir, en un mot par le débourbage; mais cette théorie simple et presque évidente suppose la séparation absolue, ce qui n'est pas exact. Une partie de la substance albumineuse est retenue en dissolution et j'en donnerai la preuve, non par une expérience de laboratoire, à peu près impossible, surtout à cause de la très-faible proportion de cette partie albumineuse dans les sucres, mais par une expérience industrielle très-démonstrative. La partie soluble du sang demeure dans les sucres, même dans les candis; j'ai eu plusieurs fois l'occasion d'assister, dans les maisons de vin de Champagne, à l'ouverture de tonneaux de candis et de constater l'odeur, *incroyable*, de

Digitized by Google

putréfaction exhalée par le sucre. On refusait la livraison par ce motif. Il est donc bien évident que le sang occasionne une adultération du sucre; cette adultération peut être un simple désagrément lorsqu'elle provient de sang frais, dont la décomposition produit une odeur fétide, mais non dangereuse; elle peut être un danger réel quand elle provient de sang corrompu dont l'usage n'est malheureusement pas toujours évité; des germes de mort, ce n'est pas trop dire, existent dans cet abominable mélange, et personne ne saurait affirmer leur entière destruction dans la chaudière, où la température ne dépasse pas 110 degrés.

Les raffineurs éclairés n'ont pas méconnu ce danger, augmenté d'ailleurs de celui du sang gâté, pour les ouvriers chargés de le manier. des tonneaux à la chaudière; aussi n'a-t-on pas manqué d'employer les autres matières citées tout à l'heure, dont il est facile de garantir continuellement le bon état.

Le sang desséché d'avance, avec précaution, pour lui conserver la fraîcheur, est d'un bon usage. On l'emploie souvent en Russie, d'après Walkhoff, et il ne donne lieu à aucun désagrément.

1033. L'albumine préparée avec le serum est dans de bonnes conditions; c'est une matière sèche, d'une conservation aisée, d'une solubilité rapide, d'une altérabilité bien moins grande que le sang. Les analyses comparées le feront comprendre.

Voici d'abord celles du sang de bœuf,

	D'après Hering.			D'après Nasse.
	Artériel.	Veineux.	Moyenne.	
Fibrine.....	7.6	6.6	7.1	3.620
Albumine.....	26.1	25.8	25.95	66.901
Hématosine.....	164.7	170.4	167.55	121.865
Autres matières. Sels.....	2.7	2.3	2.5	8.024
Eau.....	798.9	794.9	796.9	799.590
	1000.0	1000.0	1000.00	1000.000

Nasse a donné le détail des sels, Enderlin a obtenu des résultats peu différents :

Digitized by Google

	NASSE.	ENDERLIN.	
Phosphate alcalin.....	0.468	»	16.769
Sulfate de soude.....	0.181	»	3.855
Sulfate de chaux.....	»	»	1.449
Carbonate alcalin.....	0.071	»	»
Chlorure de sodium.....	4.324	»	59.340
Chlorure de calcium.....	»	»	6.120
Oxyde de fer.....	0.731	»	8.277
Chaux.....	0.098	»	4.190
Acide phosphorique.....	0.123	»	»
Acide sulfurique.....	0.018	»	»
Silice, magnésie.....	»	»	»
	6.011.....	6.011	100.000
	Graisse...	2.013	
		8.024	

L'analyse d'Enderlin interprète les résultats d'une manière inexacte; il n'y a pas de chlorure de calcium dans le sang.

Le sang est prompt à se putréfier surtout vers + 20 degrés.

Le sang de bœuf est-il le meilleur? le plus riche en albumine et globules? On a donné des analyses dont voici les principales :

	CHEVAL		BREBIS		CHIEN		PORC	
	artériel	veineux	artériel	veineux	artériel	veineux	artériel	veineux
Albumine.....	7.888	8.5875	3.36	2.64	5.70	5.86	7.29	00.00
Globuline.....	13.6148	12.3698	10.61	12.44	9.90	9.70	14.55	00.00
Hématosine	4827	5176						
Fibrine.....	1.1220	1.1350	6.1	5.3	2.5	2.4	0.39	00.00
Autres matières..	6960	9178	4.0	2.7	1.1	1.2	0.88	00.00
Sels.....								
Eau.....	76.0084	75.7351	85.02	84.12	83.00	83.00	76.89	00.00

Dans le cheval, le sang de la veine porte et celui des hépatiques sont un peu plus riches en albumine. Il ne faut pas oublier que les résultats de ces analyses, très-délicates, varient par eux-mêmes, suivant l'état physiologique des animaux.

Prévost et Dumas avaient trouvé :

	BREBIS		CHEVAL		CHIEN	
	Sang.	Sérum.	Sang.	Sérum.	Sang.	Sérum.
Albumine.....	8.97	8.9	7.72	8.5	6.55	7.4
Globuline.....	9.20	»	9.35	»	12.38	»
Hématosine....						
	18.17		18.07		18.93	

Digitized by Google

Le sang du chien est le plus riche en parties utiles, d'après ces observateurs.

Girardin et Du Breuil ont trouvé que 20 à 22 de sang coagulé, équivalent à 100 de sang sec ou 400 de sang naturel.

Nous avons donné l'analyse de l'albumine (tome I, p. 202 et tome II, p. 26).

1034. L'opération est généralement faite dans des chaudières semblables à celles de dissolution. Aussitôt le sirop amené dans la chaudière, on en prend quelques litres pour délayer le sang, 3 ou 4 pour 1 de ce liquide, mesuré de 12 à 18 litres pour une chaudière de 24 hectolitres (1/2 à 3/4 de litre par hectolitre). On palonne vigoureusement la masse entière, pour bien délayer le sang, puis on ajoute 36 à 50 kilogrammes de noir fin dans la chaudière (1,5 à 2 kilogrammes par hectolitre) et l'on palonne de nouvean, en donnant la vapeur nécessaire pour monter lentement à + 60 degrés. Alors on peut cesser de remuer, la vapeur, augmentée peu à peu, conserve le liquide en mouvement; bientôt l'albumine du sérum, coagulée, saisit le noir comme dans un filet et monte avec lui jusqu'à la surface, en une écume compacte, dont il est bon de produire la rupture, en laissant arriver au bouillon, pour bien assurer la clarification complète.

Les sucres altérés par l'eau de mer, devenus gras, peuvent être clarifiés, rapidement et complétement, au moyen du sulfate de zinc; une petite proportion suffit, d'après Warburton. Le chlorure, et surtout l'acétate, vaudraient mieux.

Cette clarification est en même temps une défécation, comme nous l'avons vu § 815; celle-ci est d'autant plus parfaite, que les matières azotées sont restées à l'abri de l'action alcaline; ne nous lassons point de répéter cet important détail. Si la clarification est faite par l'un des procédés alcalins, avec une dose plus ou moins forte de chaux, il faut une carbonatation complète et, même, une légère addition de sel de soude, pour ne laisser aucune quantité appréciable de sel de chaux en dissolution.

Les noirs mis hors de service par les raffineries et livrés à l'agri-

Digitized by Google

culture ont été analysés par Moride et Bobierre. Ces chimistes ont trouvé dans 100 parties :

Lieux d'origine.	Carbone et matières organiques.	Phosphate de chaux.	Carbonate de chaux.	Silicique acide.	Alumine et oxyde de fer.	Sels solubles.	Magnésie.	Azote.
Paris.....	14.5	67.6	10.1	4.00	1.00	2.00	0.8	1.83
Marseille....	17.1	63.2	11.2	6.1	»	»	»	1.85
Bordeaux....	10.3	65.3	8.3	2.6	1.1	1.13	1.0	1.46
Nantes.....	35.2	52.6	5.3	4.10	0.7	1.6	1.5	2.66
Lille.....	16.8	58.0	17.0	5.00	0.30	1.70	1.2	1.03
Valenciennes.	10.7	66.0	10.0	7.5	1.10	3.3	0.7	0.75
Dunkerque...	11.0	56.0	7.9	8.7	1.30	1.3	0.8	1.02
Orléans.....	11.7	63	8.2	11.7	1.4	3.3	0.7	1.75
Russie.....	11.7	63.7	10.1	5.4	0.7	1.34	0.8	1.08
Hambourg...	20.5	55.8	5.4	16.6	»	»	»	1.73
Venise.....	14.0	75.0	5 5	5:0	»	»	»	1.45
Trieste.....	17.9	62.1	9.7	9.0	»	»	»	0.98
Espagne.....	22.0	66	4.0	4.00	0.8	1.5	1.7	2.00
Hollande....	26.1	51.1	4.66	6.4	»	1.92	»	1.77

Girardin et Du Breuil croient le sucre défavorable à la végétation et admettent l'utilité de la fermentation préalable pour l'enlever avant l'emploi du noir en agriculture.

1035. L'épuration par le sang et le noir étant produite, on fait couler la masse épurée dans un filtre, non plus un cylindre rempli de noir en grains, comme en fabrique, mais un assemblage de bourses en tissu perméable, disposé suivant les indications de Taylor, B (fig. 212), est une des bourses ou sacs, dont l'orifice est à une distance de l'orifice voisin, exactement égale au diamètre acquis par le sac au moment de son gonflement. Ce sac est suspendu à une virole conique V, sur laquelle est appliquée la bouche, maintenue par un anneau métallique à mouvement de baïonnette. La toile est d'espèce plucheuse et déjà très-bonne pour une filtration complète; mais, pour la rendre plus longtemps utile et donner au sac une solidité parfaite, on en place une deuxième à l'intérieur du premier et on le choisit un peu plus large, pour le forcer à faire des plis et rendre la filtration plus rapide. Ce second sac est une toile lisse et ferme; le tout est enfermé dans une caisse, ou armoire, M P L S dont la partie postérieure est mobile et peut s'ouvrir, en une ou deux

Digitized by Google

. Ce système, d'une
comme le meilleur;
yés en quelques in-

ıde que dans d'autres

les liquides très-peu

Digitized by Google

colorés, lorsqu'on emploie une quantité de noir suffisante, et il en faut toujours beaucoup pour le raffinage; il est surtout nécessaire de ne pas oublier ce que nous avons dit § 149. La neutralité, l'absence complète d'alcalis libres dans les sirops est d'une nécessité presque absolue pour le raffineur, bien plus que pour le fabricant. La filtration ne doit pas être faite avant d'avoir atteint 23 ou 24 degrés (densimétriques), surtout à ce point de vue.

1036. En sortant des Taylors, le sirop est conduit dans les chaudières de cuite. Ce sont les mêmes que celles des fabriques. Nous n'avons pas besoin de revenir sur la description du § 952; sauf quelques détails mécaniques, plus ou moins utiles, le fonctionnement général est le même, la cuite à lieu dans le vide, elle est aussi peu colorée que possible et la seule différence du travail consiste dans une addition, par le raffineur, d'un peu d'outremer à la masse cuite, pour donner au sucre en pain l'*œil* azuré, l'aspect agréable au consommateur. Cet outremer, en pâte fluide, obtenue en le délayant avec un peu de sirop à 24 degrés, est introduit par le robinet O et bientôt complétement mêlé, par le bouillonnement. Sa quantité ne dépasse pas 300 grammes par cuite de 250 hectolitres, ce qui donne à peu près $0^{gr},090$ par pain de 10 kilogrammes. — L'outremer est une substance inoffensive, et sa dose est souvent moindre encore.

1037. La formation du grain en raffinerie a une importance toute spéciale et le point de vue n'est plus le même que pour le fabricant; celui-ci n'a qu'un but, obtenir un grain plein, facile à turbiner sans perte, régulier par conséquent et sans mélange de fin. Le raffineur a d'autres visées, dictées par les goûts du consommateur. La grosseur relative des grains, leur homogénéité de structure, deviennent en quelque sorte secondaires. La beauté d'aspect, la facilité de cassage, ou de sciage, la plus ou moins prompte solubilité dans l'eau, le bon goût, etc., sont autant de buts à atteindre et nécessitent des procédés spéciaux. Pour obtenir le sucre pur, d'un beau blanc, du meilleur goût, le sucre de première qualité pour la table (*impérial* ou *royal* d'autrefois), il faut une décoloration puis-

Digitized by Google

sante, une clarification ou défécation complète, une cuite serrée, etc. Pour les sucres de consommateurs moins exigeants et plus pressés, les sucres des cafés par exemple, il faut obtenir une grande facilité de cassage ou de sciage, une prompte solubilité dans l'eau; la faculté sucrante peut être un peu diminuée, la grosseur des morceaux n'étant pas sujette à une mesure précise; au lieu de sucre pur, l'addition d'une faible quantité de glucose amène les qualités voulues; ce glucose, je me hâte de le dire, étant du sirop de premier jet et de la même cuite, parfaitement décoloré. Il y a là des nécessités de métier dans lesquels nous n'avons presque rien à voir et dont l'habileté seule du raffineur est bon juge.

1038. La cuite est versée, comme en fabrique, dans un *rafraîchissoir*, où elle ne tarde pas à être solidifiée plus ou moins complétement; on ne laisse pas sa température descendre au-dessous de 80 ou 85 degrés. Le rafraîchissoir a un double fond et peut recevoir des vapeurs perdues, ou directes. On attend la formation de la croûte et du grain, pour hâter cette formation par un mouvage attentif. Le but est d'obtenir une masse homogène et bien grainée. Le mouveur ne doit pas aller trop loin et briser le grain, sous peine de faire un sucre plâtreux, crayeux, riche en glucose et d'une sonorité très-médiocre (§ 425).

Les cuites très-serrées, destinées aux sucres durs, demandent un rafraîchissement moindre; on les prend à + 90, 100 ou même 115 degrés, ce qui est rare et me paraît dû, surtout, à une mauvaise application de la chaleur.

1039. *Purge*. — Malgré la puissance du noir et de l'albumine du sang, ou des autres procédés de clarification, appliqués avec les plus grands soins, les cuites conservent une coloration plus ou moins prononcée, tous les sels des sucres bruts et des agents de clarification. Il est nécessaire de purger le sucre de la couleur et de la partie sirupeuse, où la plus grande partie des sels est conservée. Ce travail est nommé dans son ensemble : la purge.

On l'exécute par deux procédés généraux : à l'air ou avec l'aide du vide. A l'air, par égouttage simple; avec l'aide du vide, en facili-

Digitized by Google

tant cet égouttage par une diminution de pression, sous la mass cuite distribuée dans les formes. Dans les deux cas on achève l purge par le clairçage ou le terrage.

Égouttage simple. —On distribuc la masse cuite encore chaude comme nous l'avons dit tout à l'heure, dans les moules destinés à l mettre en *pains*. Chaque forme (ou cône à sommet arrondi, don tout le monde connaît bien la figure) est placée dans un trou du *l de pains* représenté fig. 213, où elle est solidement tenue dans l position verticale par le plancher supérieur A B; chaque sommet H

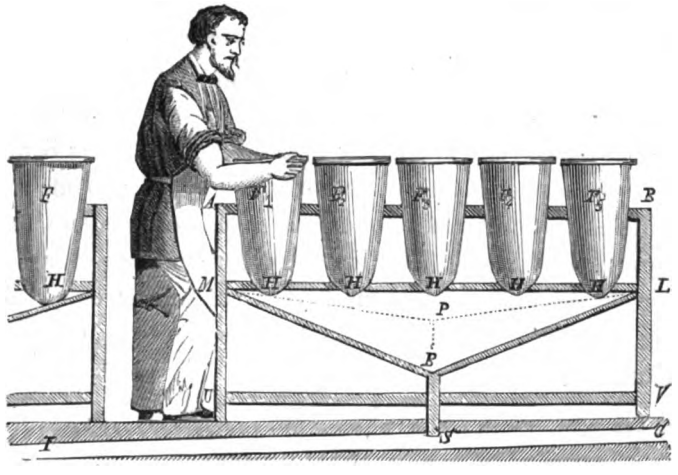


Fig. 213.

de la forme renversée, est ouvert et permet au sirop d'égouttage d couler sur le plancher incliné, L P M R ou M P M R, dont l'arête P est, elle-même, en pente depuis le sommet jusqu'à la gouttière I par où il tombe dans le caniveau I K qui le conduit au bac des *siro verts* (on leur donne ce nom à cause du reflet vert prononcé qu'i offrent toujours). A la température de + 30 degrés, douze à quin heures suffisent pour ne plus trouver à la base des pains (la *pat* ou le *pied*) une teinte foncée; la couleur est déjà blonde et la pat est *sèche à la main*, mais le corps du pain reste encore imprégn de sirop; il faut cinq ou six jours pour obtenir l'égouttage comple toutefois la qualité de la cuite est la source de variations dans

Digitized by Google

rapidité de cet égouttage; le quatrième jour, quelquefois le troisième, on peut essayer de *locher*, c'est-à-dire de détacher les pains de leur forme pour en connaître l'état; si les surfaces n'ont plus rien de gras, si elles offrent un grain sec brillant; si les *têtes* n'ont plus que 10 à 12 centimètres de sirop à peu près, on peut locher et songer au *blanchiment*.

La distribution dans les formes peut être faite mécaniquement au moyen du chariot *Legal* (1). Ce chariot est fermé en dessus, mais au milieu du couvercle est une ouverture assez grande pour recevoir la cuite du réchauffeur, sous lequel on le roule et qu'on referme aussitôt avec un petit couvercle mobile. Ce chariot peut être conduit sur tous les points de l'*empli*, sa partie antérieure est percée de 6 ou 8 orifices, fermés chacun par une vanne métallique; tous peuvent être ouverts à la fois par le mouvement de 6 ou 8 pignons dentés, fixés sur un même arbre horizontal et engrenant avec les crémaillères verticales faisant corps avec les vannes. Deux hommes accompagnent le chariot, ils ouvrent ou ferment les vannes par le mouvement des roues calées sur l'arbre horizontal; 6 ou 8 formes peuvent être ainsi, d'un seul coup, très-exactement remplies, et la distribution est rapide (2).

1040. Une méthode excellente me paraît être celle de Herbot, exécutée dans une raffinerie de Moscou. Deux voies parallèles F F′ G G′ (fig. 214) sont établies à $0^m,60$ en contre-bas du plancher de l'empli. Perpendiculairement, et sur le plancher même, sont d'autres voies V V′, V V′ en nombre aussi grand que le permet la largeur du bâtiment, ou sa solidité. Un truc T est établi sur chacune des deux premières, et ce truc porte des bouts de rails formant partie de voie juste à la hauteur des deuxièmes, des voies V V′. Pour faire le travail d'empli, on amène le truc de F F′ en face du chariot A, sur lequel est un lit de pains avec toutes ses formes (12 en long, 6 en

(1) Armengaud, *Génie industriel*, 1864, p. 113.

(2) En Angleterre on employait un chariot analogue, mais ne versant la cuite que dans une seule forme; le distributeur était un tuyau de cuivre tournant dans une boîte à étoupe et fermé par un clapet. On le nommait la *trompe* du chariot dit *éléphant*.

Digitized by Google

large, total 72). On pousse le chariot sur le truc et celui-ci jusque sous l'emplisseuse I H, où la masse cuite coule du réchauffeur à ciel ouvert. Par les 6 trous de cette emplisseuse (très-solidement fixée à l'une des colonnes H), dont on use au moyen de clapets ou de vannes marchant ensemble, une première rangée de formes est promptement emplie; on avance la seconde, puis la troisième, etc. En aussi peu de temps qu'il en faut pour l'écrire, un chariot est complétement chargé, on pousse le truc jusqu'à celle des voies V V', où la place est libre, et on mène aisément le chariot sur cette voie à l'une des places A B, O P, où il reste ensuite tout le temps néces-

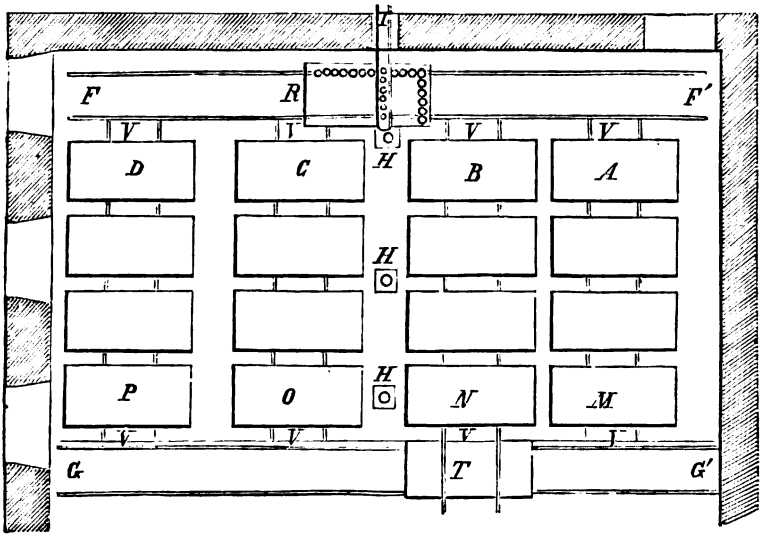


Fig. 214.

saire. Les 16 places contiennent 1152 formes qui ne demandent pas plus de trois heures vingt minutes ou trente minutes. Auprès de la voie G G' est le monte-pains, à l'aide duquel on monte les formes, de leur chariot dans les greniers supérieurs; les premières emplies d'abord, ce qui donne au travail la suite régulière, très-difficile à observer dans les emplis à tables fixes.

1041. La cuite mise en formes ne doit pas être abandonnée à elle-même; aussitôt la formation d'une croûte cristalline, on empêche la

Digitized by Google

trop grande adhérence d'une autre croûte semblable, aux parois de la forme ; l'ouvrier passe un couteau de bois autour de la pâte, puis deux ou trois fois sur toute la surface intérieure de la forme pour briser les croûtes dont il dissémine soigneusement les parties dans toute la masse en élevant celle-ci vivement et à plusieurs reprises, de 20 ou 30 centimètres. Il est bon en général de répéter cette opération, ce *mouvage*, suivant les qualités de la cuite.

1042. *Blanchiment.* — Cette opération est faite de plusieurs manières.

Il est bon peut-être de rappeler celle d'autrefois : Chaque forme était posée la tête en bas, sur un pot, d'une ouverture faite pour laisser entrer la forme de 9 ou 10 centimètres ; après la solidification et le mouvage, on débouchait le trou de tête, et on laissait égoutter. Le blanchiment était fait alors par *terrage*, ou emploi de terre ; on prenait de la terre glaise imbibée d'eau, on en versait une couche de quelques centimètres, 2 ou 3, sur la pâte et on abandonnait la forme pendant quelques jours. L'eau cédée peu à peu par la terre glaise formait avec les premières parties du pain une *clairce*, fluide plus riche en mélasse qu'en grains de sucre, coulait au travers de la masse, en entraînant de préférence la partie mélassique, et décolorait complétement le pain, si la proportion d'eau pure était suffisante.

Signalons, en deux mots, les inconvénients de ce système : diminution du sucre dans la forme ; irrégularité du clairçage, l'eau parvenant à s'ouvrir, le plus souvent, une ou plusieurs routes au travers du pain, où la clairce passait tout entière, sans purger les parties voisines ; lenteur de l'opération, puisqu'il fallait attendre le blanchiment de ces parties ; main-d'œuvre très-coûteuse pour le maniement des formes et des pots à mélasse, le terrage, etc. ; gêne causée par la recherche d'une bonne terre (1) ; pertes de matière dans le

(1) Certaines argiles sont mêlées de protosulfure de fer hydraté, d'une oxydation très-facile et donnant du sulfate ferreux, qui communique un goût d'encre au sucre ; on fait disparaître ce défaut par des lavages acides. Il fallait préférer les bonnes argiles de Forges, de Dreux, etc.

Digitized by Google

vidage des pots; perte ou dépense de combustible pour cuire nouveau les eaux de lavage; dépense pour renouveler les pot augmentation des mauvais ferments par la dissémination des m lasses sur une grande surface, etc.

On comprit toute la gravité du premier inconvénient, l'irrég larité du clairçage dû à l'eau pure; et on sentit la nécessité d'er ployer une clairce de très-peu plus aqueuse que la mélasse dont grain de sucre est encore imprégné après l'égouttage des formes. (prépare maintenant cette clairce de façon à l'obtenir le plus pure incolore, et on la verse sur la pâte, telle quelle, sans terre et sa aucun adjuvant.

La préparation de la clairce est faite à froid ou à chaud.

1043. *Clairce préparée à froid.* — Son usage n'a jamais (lieu, que je sache, en France. On l'emploie en Allemagne, surto pour faire une sorte de terrage. On broie les rognures provena du grattage des pâtes, avec 20/100 d'eau environ, et on verse pâte dans les creux formés par le grattage. On répète ce travail av une pâte plus blanche encore, faite avec des sucres très-blanc venant de la turbine, du *plamotage*, ou même de pains bien bla chis et non séchés. Une clairce préparée de cette manière (on er ploie de l'eau distillée) peut être très-blanche, ne pas conten d'inverti, en proportion sensible, et donner un blanchiment pa fait, c'est-à-dire des pains d'un sucre ferme, exempt de toute part mélassique et sans aucune couleur. Mais on expose les sucres recevoir les corps appelés ferments, ce qui rend leur conservati moins certaine.

1044. *Clairce préparée à chaud.* — Elle est bien plus l'abri de cet inconvénient; aussi son usage est-il beaucoup pl général. Sa grande qualité doit être de renfermer très-peu de sel tous les efforts du raffineur doivent tendre à ce but. En effet, apr le clairçage, le sucre demeure imprégné de clairce, c'est elle q achève en séchant de donner au sucre ses qualités réelles; plus el est pure, plus le grain est à l'abri de la déliquescence, parce q l'inverti est déliquescent, surtout lorsqu'il renferme des sels.

Digitized by Google

Le choix du sucre destiné aux clairces pour raffinés très-blancs, est donc bien indiqué; les sucres de cannes convenablement turbinés sont les meilleurs. On les fait fondre, on les clarifie (à 21 ou 22 degrés densimétriques) et on cuit à 35 degrés, chaud; on verse dans un réservoir. On peut, bien entendu, préparer les clairces avec des sucres de betteraves, des poudres blanches, des raffinés, etc.; mais il faut une clarification très-attentive pour ne laisser aucune trace du mauvais goût. Une neutralisation très-exacte, par l'acide acétique, après clarification, contribue puissamment à la bonne qualité de la clairce faite avec ces sucres.

L'emploi de la clairce est facile : on la verse sur la pâte des pains, à plusieurs reprises, suivant la qualité des sucres à blanchir. Ce moyen simple exige, pourtant, de la main-d'œuvre et laisse la clairce exposée à l'air; c'est la source d'un double inconvénient; d'abord la clairce, dans l'atmosphère chaude des greniers, se concentre et peut, même, cristalliser en gros grains sur les pâtes; ensuite elle reçoit les poussières, peu abondantes il est vrai dans les greniers, mais pourtant sensibles. On a imaginé une disposition qui me semble très-recommandable, malgré le petit matériel qu'elle exige. La clairce est contenue dans une boîte en zinc, A B C D, construite en flacon de Mariotte, d'un diamètre un peu plus grand que celui de la base des formes et pouvant ainsi être placée sur leurs bords, le goulot renversé, comme le représente la figure 215. Une partie rentrante, E H, permet de loger la boîte dans la base P R de la forme; le goulot I K ne tarde pas à être immergé dans la clairce O N, tombée, dès son renversement, sur le pain de sucre S; à mesure de l'égouttage, le niveau N O s'abaisse, découvre le point I du goulot terminé en bec de flûte I K; une bulle d'air M s'élève au travers de la clairce, et en fait tomber un égal volume. Peu à peu le clairçage est opéré sans que la pâte soit jamais à sec, ni exposée au grand air; lorsqu'on juge le blanchiment suffisant, on enlève la boîte dont le facile transport a lieu sans perte de clairce, ni souillure d'aucune sorte. L'idée fort simple est due à Galland, qui employa d'abord des vases de verre. On a renoncé bientôt à ces vases, à cause de leur fragilité, mais il ne serait pas impossible d'y revenir en les assem-

Digitized by Google

blant, par 6 ou 8, dans un châssis de bois où ils seraient protégés. Un châssis pourrait être porté par deux hommes, les goulots fermés et ouverts mécaniquement, à peu près comme les vannes du chariot Legal, ce qui offrirait une garantie contre toute altération métallique. La régularité des lits de pains, du diamètre des formes, etc., peut rendre ce perfectionnement très-facile.

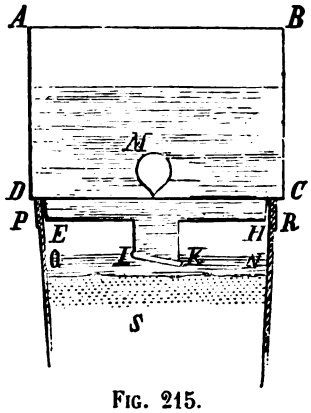


FIG. 215.

1048. Les clairces ne sont pas toujours incolores et de sucre presque pur; on peut avoir, en certains cas, à ne pas désirer un blanchiment complet. Il est moins nécessaire alors de préparer des clairces de qualité supérieure. On peut même s'en tenir à des sirops de divers jets plus ou moins décolorés. Ainsi les clairces peuvent être de qualités très-diverses. L'analyse des sels et la mesure de la décoloration permettent au raffineur de marcher d'un pas très-sûr en ses différents travaux.

Il est facile de comprendre combien l'emploi de plusieurs clairces, de qualités variées, peut être utile. Une cuite est parfois de très-bonne espèce, quant à sa richesse en grain, et a pu toutefois se colorer sans rendre un nouvel emploi du noir tout à fait nécessaire; il est bon alors de la claircer, dans les formes, d'abord avec une clairce de valeur médiocre, et de terminer avec une clairce plus pure.

Il faut dire toutefois l'inconvénient attribué par quelques per-

Digitized by Google

sonnes à cet emploi continu de la clairce; les pains tendent à devenir vitreux. Mais il y a là, je crois, une erreur; le *passage* continu de la clairce ne peut être cause de l'effet indiqué. Le *séjour* seul doit le produire: il n'y a donc aucune peine à trouver le remède, il faut égoutter soigneusement, après le clairçage, et, au besoin, employer les sucettes.

Avant de recourir à ce puissant moyen d'égouttage, dont nous allons parler, on pratique l'opération nommée *plamotage*. Les formes sont couchées, l'une après l'autre, sur un râtelier en bois, leur ouverture au-dessus d'un auget, pareillement en bois; un ouvrier, muni d'un racloir, gratte la pâte du pain de manière à enlever les impuretés, en laissant une surface plane. C'est évidemment le meilleur moyen d'éviter l'irrégularité d'entrée de l'air qui doit suivre la clairce dans son égouttage, irrégularité d'où pourraient provenir des *routes* plus ou moins larges, par lesquelles aurait uniquement lieu le départ de la clairce, les parties voisines restant imbibées presque sans aucun égouttage.

1046. L'égouttage simple, sous la pression atmosphérique agissant de toutes parts, ne peut jamais être complet, mais il est aisé de l'achever en laissant la base des formes toute ouverte, la pâte du pain de sucre exposée à la pression atmosphérique et en diminuant cette pression sous la tête des formes, où il est possible de la réduire à peu près au 1/20. Une différence aussi grande est suffisante pour chasser le reste de la clairce, en grande partie, et rendre la purge beaucoup plus complète. Cette partie du travail est exécutée dans un appareil appelé *sucette*. En voici la disposition :

Les formes sont remises en lit dans les cônes creux N O (fig. 216), établis chacun sur un ajutage du grand tube horizontal en fonte GG'. Elles y sont maintenues verticales par un bâtis approprié NOTS. Les cônes sont tournés de façon à joindre exactement la tête des formes; ils contiennent un anneau de caoutchouc, pour former jointure hermétique. Le tube vertical à gauche de T N est lié à une pompe atmosphérique dont l'action produit le vide dans le grand tube, ce dont on est instruit par le manomètre E F. On ouvre alors les robi-

Digitized by Google

nets B, B′ et aussitôt la pression de l'air, sur la pâte de chaque pain, enfonce la clairce retenue jusque-là par les effets capillaires que cette pression suffit à vaincre en très-grande partie. L'égouttage recommence, et la clairce tombée dans le tube atteint peu à peu le niveau que l'œil peut suivre dans le tube de verre G′. On recueille cette clairce par le tube, d'où elle est conduite aux bacs de réserve.

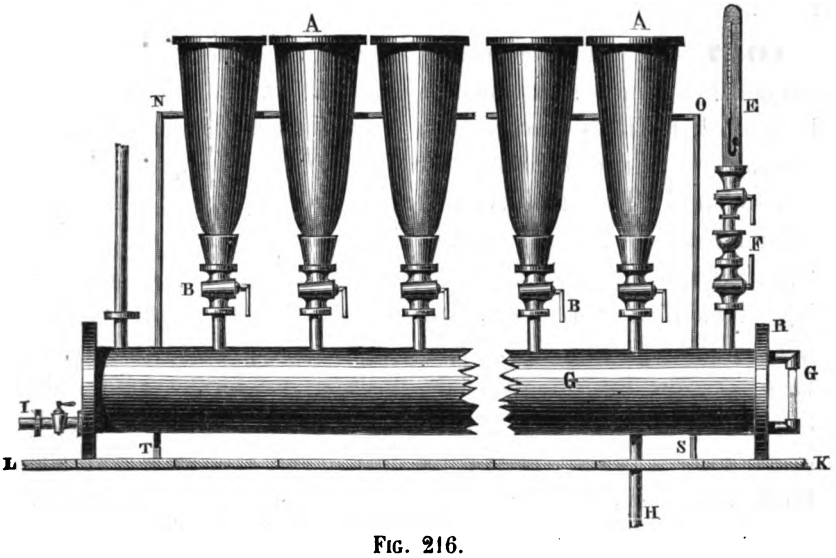


Fig. 216.

Le travail des sucettes n'est pas toujours facile à compléter; tout dépend de la régularité du grain et de l'absence de *routes* creusées par la clairce comme par l'eau pure (§ 1042). Si le grain est homogène, le vide aspire uniformément la clairce jusqu'aux dernières parties; mais s'il y a des routes, aussitôt désemplies de la clairce, elles livrent passage à l'air et rendent la purge plus ou moins incomplète. Il est bon d'être à même de voir comment marche l'opération, et, par conséquent, les tubes doivent être de verre. — On répète l'opération au bout d'un certain temps, si la clairce a pu se rassembler de nouveau à la tête des pains.

Je ne m'arrête pas aux dispositions qui peuvent remplacer le tube horizontal; on peut lui donner une pente légère et faire com-

Digitized by Google

ré-
ant
oût
fé-
Ce
On

n-
en
ce
ux
de
c-
st
i-
u-
lu
a
le
e.
s
le
-

t-
s
e
a
r
n
n
e

.

Digitized by Google

teur du bâtiment, communique avec chaque grenier par une porte au même niveau, et reçoit la chaleur par un système de tubes métalliques où circule la vapeur (les vapeurs perdues des appareils de cuite, la vapeur directe, etc.). Des robinets vannes permettent d'établir une circulation de la vapeur convenable pour entretenir une température voulue. Plusieurs jours sont nécessaires pour amener les pains à une dessiccation complète; on chauffe d'abord à + 30 degrés, puis on monte peu à peu jusqu'à 45, ou même 50; le dernier jour, l'humidité des pains est enlevée par le courant d'air que cette chaleur fait naître dans les tubes, plus ou moins nombreux et logés dans les plafonds, entre chaque étuve et l'étuve supérieure, jusqu'à la plus élevée, dont les tubes communiquent avec une cheminée débouchant dans l'atmosphère.

Chaque étuve est disposée de manière à recueillir les pains sur des tables, ou châssis, métalliques. L'ouvrier chargé de la remplir peut, d'abord, se tenir dans un espace étroit au milieu de l'étuve (ou au milieu d'une de ses parties égales). Il lui est facile d'amasser les pains sur trois côtés et, quand il a terminé cet assemblage, il sort de son espace, qu'il laisse complétement libre; à l'aide de châssis mobiles, on peut établir, dans ce dernier emplacement, des liteaux suffisamment nombreux et continuer le chargement des pains dans toutes les parties accessibles.

1049. Les pains blancs résistent parfois à la température haute et prolongée des étuves. Le plus grand danger vient du sucre inverti de la cuite, en cas d'égouttage imparfait de la clairce, lorsqu'elle est médiocre, ou des deux à la fois. Le plus léger reste d'alcalinité peut colorer les pains, surtout à la surface, par l'action de l'alcali libre sur le sucre inverti (§ 149), ou même sur le sucre normal (§ 66), ou encore sur les sels des acides hexénique et hexépique, dont il se forme une certaine quantité sous l'influence de l'air. Je n'ai pas encore eu l'occasion d'indiquer cette particularité; c'est maintenant la mettre à sa place : les hexénates (j'en juge par analogie) et les hexépates alcalins ne résistent pas à une température peu élevée, quand on les y expose assez longtemps; dans les étuves,

Digitized by Google

on réalise la double condition, et la moindre trace de ces sels, qui peuvent n'avoir pas existé, ni dans la cuite, ni dans la clairce, mais dont la formation a lieu sous l'influence de l'alcali dans l'atmosphère, donne très-promptement naissance à la couleur brune qui se montre dans un si grand nombre de décompositions du sucre (1).

1050. Il y aurait sans doute avantage à sécher les pains, à froid, dans le vide, par l'action de l'acide sulfurique. Construire des cylindres métalliques terminés par des calottes hémisphériques, d'une grande dimension, n'est plus une difficulté; les placer verticalement et disposer, dans leur intérieur, des diaphragmes horizontaux, pour soutenir les pains, est chose facile : après avoir fermé le trou d'homme nécessaire au travail d'introduction et de placement des pains, on peut faire le vide sec dans leur intérieur en établissant la communication avec un vaste récipient (composé lui-même d'un assemblage de cylindres), dans lequel on entretiendrait : le *vide*, par le fonctionnement d'une bonne pompe à air; le *sec*, en agitant, dans un réservoir de métal convenable, et communiquant avec lui, une masse d'acide sulfurique assez grande. La dessiccation obtenue de cette manière ne prendrait certainement pas plus de temps; elle n'exposerait à aucune coloration, et il est très-facile de n'avoir aucun embarras sérieux pour l'emploi de l'acide sulfurique. L'atelier où seraient placés le récipient d'acide, les provisions de ce liquide avant et après son usage, la machine pour l'agitation, etc., peut être établi dans une cour isolée de la raffinerie et ne communiquant avec l'*étuve* que par un large tube de fonte destiné à amener les vapeurs d'eau dans l'acide. Tout le service de l'acide peut être fait bien à part,

(1) Les chimistes qui voudront étudier cet important détail reconnaîtront promptement l'impossibilité de concentrer, même dans le vide, les dissolutions parfaitement incolores d'hexépate de potasse, obtenues directement par l'action du sucre et du permanganate de potasse (§ 54), ou les dissolutions, non moins incolores, des hexépates de soude, d'ammoniaque, etc., préparées en isolant l'acide hexépique de l'hexépate de plomb, au moyen de HS, neutralisant par la NaO, l'H^3Az, etc. L'hexépate d'ammoniaque, surtout, présente ce caractère au plus haut degré. J'ai consacré beaucoup de temps à la recherche d'un mode sûr de préparation de ces sels : le principal obstacle a été cette facile décomposition, et jusqu'à présent elle a retardé l'achèvement de mon travail.

Digitized by Google

sans entraîner aucune suite fâcheuse, aucun trouble dans l'empli et les greniers. Le procédé donnerait certainement de l'économie. La concentration serait faite, non pas dans l'atelier lui-même, mais dans une petite usine adjacente, ou située à distance ; elle pourrait ne pas être faite par le raffineur lui-même, mais, par abonnement, dans une fabrique de produits chimiques.

Les pains restent dans l'étuve jusqu'à leur entier refroidissement; sans cette précaution, ils pourraient se briser d'eux-mêmes; le retrait brusque de leur surface, pendant le maintien de la chaleur dans leur partie centrale, engendre un effort très-suffisant pour causer cette rupture, le sucre ayant une cohésion faible (1). La séparation des parties n'est pas toujours apparente, les morceaux ne sont pas complétement désunis; mais la fragilité des pains devient plus ou moins grande et la sonorité disparaît (§ 425).

Après la dessiccation et le refroidissement, on enlève les cônes de papier laissés jusque-là sur les pains; on les passe au *pliage*, c'est-à-dire dans l'atelier où ils sont revêtus de leur papier d'expédition, de la ficelle, etc., puis on les réunit au magasin pour les livrer au commerce.

1081. Le raffinage ne se pratique pas de la même manière en tout pays. En Angleterre on suit une marche très-différente de la nôtre : au lieu d'épurer le sucre par une séparation de plus en plus complète du normal et de l'inverti, séparation terminée par élimination de mélasse, on fait l'épuration par un simple partage, en sucre plus pur, presque blanc, et en sucre impur, presque noir; tout passe à la consommation comme sucre et la mélasse n'est pas connue. Tous les sirops d'égout sont mêlés avec des sucres très-inférieurs, le mélange passé au noir et cuit. On obtient un sucre roux, à 16 ou 15/100 d'inverti, que le marché local absorbe en entier, malgré son extrême abondance.

(1) C'est l'effet bien connu pour le soufre : un *canon*, pris à pleine main, ne tarde pas à se rompre, avec un bruit plus ou moins fort, par suite de la dilatation dont la chaleur est la cause et du tiraillement énergique établi entre la surface dilatée et le noyau central resté froid.

Digitized by Google

On conçoit la nécessité d'une masse énorme de noir pour un tel travail. Le tableau suivant fera ressortir la comparaison.

100 parties de sucre donnant 80 de raffiné ne prennent pas, en France, plus de 35 à 40 de noir.

100 parties de sucre donnant 30 à 50 de sucre en grains demandent, en Angleterre, jusqu'à 150 de noir.

Cela tient principalement à l'infériorité de qualité du noir; un raffineur anglais vend son noir à bas prix, on le purifie tant soit peu, ce qui en change seulement l'apparence et on le lui revend très-cher. La vente est faite d'après analyse, le charbon titré comme *carbone* est tout entier du charbon de sucre presque inactif; il passe pour charbon de noir neuf.

En France le travail peut être coupé chaque jour. Si le mélange des sucres, par suite d'une erreur d'analyse ou d'opération, vient à fermenter, le travail est liquidé pour faire place à un emploi de matières nouvelles. En Angleterre c'est une chaîne sans fin; lorsque les sucres fermentent, ce qui arrive trop souvent avec les sucres de cannes, presque toujours avariés, les causes de fermentation prolongent leurs effets avec grand dommage. L'emploi des dégraissages de filtre est continuellement pernicieux.

Les raffineurs anglais commettent, en général, une erreur dont leurs intérêts ont beaucoup à souffrir. Passant tous leurs produits comme sucres, la nuance des bruts, qu'ils achètent, à une sérieuse importance; ils n'en tiennent pas suffisamment compte : les yeux fixés sur leurs confrères de France, comme si leur travail ressemblait au nôtre, ils prennent tous les bruts, même les plus colorés et en fermentation, prêts à tout purifier par la masse de noir. Ils y arrivent, mais à grand renfort de guinées (1).

1082. De grands efforts ont été faits, depuis longtemps, pour obtenir le raffiné dans la fabrique même. Les sucres obtenus par mon procédé des hautes doses de chaux présentent une blancheur, une pureté si grandes que les *poudres blanches* ont été mises en

(1) On trouvera de grands détails dans l'*Étude comparée du raffinage anglais et français*, par Paul Chachereau. — Nantes, 1876.

Digitized by Google

vente directement et sans aucun autre affinage. Le public en a consommé et en consomme encore de grandes quantités. Cependant l'usage en est restreint; elles ne peuvent point remplacer le raffiné ordinaire dans tous les cas. Le sucrage de l'eau pure, ou même des boissons savoureuses, le thé, le café, etc., n'est point agréable avec les grains les mieux préparés en fabrique. Ils ne donnent de bons résultats que dans les préparations *cuites*, les sirops, les confitures, etc. Encore les pharmaciens ne les acceptent-ils pas sans difficulté ?

Les poudres blanches ont cependant obtenu des débouchés d'une importance notable, mais à l'étranger, principalement. Au lieu de les vendre en grains, on les pulvérise dans un moulin dont les meules sont en fonte, ce qui donne une poudre d'un très-beau blanc, facile à vendre comme poudre de raffiné. Le midi de la France, les pays méridionaux, la Turquie, l'Italie, l'Espagne, admettent ces poudres pour la consommation immédiate et payent, assez chèrement, le travail supplémentaire de leur préparation. On va même jusqu'à mélanger les poudres pures, avec une proportion plus ou moins forte de grains pour des usages spéciaux (patisserie, confiserie), etc.

1083. On a fait de nombreux essais pour obtenir le sucre en pains dans les turbines des fabriques, soit en conservant la forme habituelle, soit en la remplaçant par une autre. Pour la forme habituelle, on ajuste un certain nombre de formes dans une turbine spéciale et on y pratique l'égouttage et le clairçage à l'aide de moyens dont il n'est pas nécessaire de donner une description.

Ces essais n'ont plus d'utilité : depuis quelque temps déjà, la division du sucre concret en tablettes commence à être adoptée; c'est une forme plus rationnelle, car elle est bien plus commode pour le consommateur. Le sucre en tablettes figure dans les tableaux des cours et marchés. — Je dois le signaler, mais je n'en parlerai pas davantage, les moyens employés pour le produire étant purement mécaniques, et sans aucune collaboration chimique.

Digitized by Google

CHAPITRE XIV

PROCÉDÉS PROPOSÉS POUR LA FABRICATION DU SUCRE

1054. On a imaginé mille et mille procédés pour la purification des jus et des sucres, au cours de l'extraction ou du raffinage. Il n'a pas été possible, jusqu'à présent, d'enlever toutes les matières étrangères par un moyen simple et peu coûteux. Je citerai, comme exemples, quelques-uns de ces procédés, pour faire comprendre l'immense difficulté du problème et les insurmontables obstacles auxquels se heurtent les idées les plus logiques.

1° *Diminution du coefficient salin.* — *Procédé dit* de Duncan. — On sait combien la potasse abonde dans la partie saline des jus de betteraves. Cette base formant quelques sels presque insolubles, comme le fluosilicate, le bitartrate, le sulfate double d'alumine, etc., d'incroyables efforts ont été faits pour appliquer cette propriété à la purification des jus sucrés. Duncan, raffineur anglais, et les frères Newlands, chimistes très-habiles, ses collaborateurs, ont essayé, après beaucoup d'autres, le sulfate d'alumine, dont ils font usage dans la raffinerie Duncan depuis plusieurs années. L'idée théorique est des plus rationnelles. Un équivalent de potasse KO = 47 (grammes, par exemple), considéré dans une quantité de jus sucré assez grande pour le contenir, peut être transformé en *alun*, par l'addition d'un équivalent de sulfate d'alumine, $(SO^3)^3Al^2O^3(HO)^{18}$ = 333.5 grammes et d'un équivalent d'acide sulfurique, SO^3HO = 49 grammes. Il *peut* se former ainsi :

	grammes.			grammes.
KO.....	47		$(SO^3)^3.Al^2O^3$.....	171.5
$(SO^3)^3.Al^2O^3(HO)^{18}$..	333.5	=	SO^3KO.	87
$SO^3.HO$.....	49		$24HO$.....	216
5 HO.....	45			
	474.5		Alun.....	474.5

Digitized by Google

En admettant la complète insolubilité de l'alun dans le jus sucr sans ou avec concentration, les 47 grammes de potasse seraie enlevés et donneraient dix fois leur poids d'un produit très-ve dable et dont le prix est, en *certaines circonstances*, assez gra pour payer le travail de purification. Telle est la donnée du procéd donnée fort logique, répétons-le.

Mais voyons la pratique :

1° De quel intérêt est réellement l'enlèvement de la potasse ?

D'après nos auteurs, on trouve cet alcali, KO, dans les produ de la betterave, aux proportions suivantes obtenues dans le labor toire de Duncan :

	Sirop.	Mélasse.
Sucre.....	60.49	50.66
Cendre.....	3.40 (KO=1.36)	10.86 (KO=4.88)
Eau, etc.....	36.11	38.48
	100.00	100.00

Dans la canne, les mêmes chimistes ont trouvé :

Sucre...	84.60	88.50	88.03	74.01	84.93	83.76	86.00	85.43	78.85	84.54	82.
Glucose.	7.81	6.12	4.62	17.44	8.22	7.81	5.10	6.58	10.42	0.22	0.
Potasse..	0.33	0.40	0.71	0.57	0.23	0.63	0.53	0.80	0.49	0.23	0.

Ces quantités sont variables ; peut-on les enlever complétemen

Sans parler de mes expériences, qui ont été moins favorable je citerai celles des auteurs eux-mêmes. Un sirop de betterave donné :

	Avant traitement.	Après, mais avant purification.	Après traitement et dépôt.
Sucre.....	60.18	40.54	41.60
Cendre.....	3.61	1.33	0.47
Eau, etc.....	36.21	58.13	57.93

Si l'on rapporte les deux dernières analyses au même chiffre d sucre que la première, on trouve :

60.18	60.18	60.18
3.61	1.97	0.68

Digitized by Google

La diminution de la potasse est donc de :

$$\frac{2.93}{3.61} = \frac{81.16}{100\ 00};$$

un peu plus des 4/5 dans un sirop.

Ce qui achèverait d'expliquer l'avantage du procédé, l'augmentation de rendement correspondante, n'est pas mentionné par les auteurs. La séparation d'une partie de la potasse est incontestablement un avantage ; mais combien coûte-t-elle ? Suivant les auteurs on obtient d'autres améliorations : 1° enlèvement de l'ammoniaque ; 2° élimination d'une grande partie des matières colorantes et albumineuses ; 3° considérable amélioration du goût et de l'odeur ; 4° continuité et rapidité du procédé.

Le premier avantage, la séparation de l'ammoniaque, a lieu comme celui de la potasse, par la formation d'un alun cristallisé, pur, insoluble. Mais on obtient aussi cette séparation par la seule action de la chaux, dans les procédés ordinaires. Le second avantage, l'élimination des substances colorantes et albumineuses, est de même facile à obtenir avec la chaux. Le troisième, l'amélioration de la saveur et de l'odeur, n'est pas durable. Cette amélioration est due à la formation de sels neutres ou acides, par l'acide sulfurique du sulfate d'alumine, avec les alcalis composés $(C^mH^n)^x H^3Az$ ou $C^rH^bAz^n$, etc. Tant que les sels demeurent neutres, on ne sent plus l'odeur de ces alcalis ; mais lorsque Duncan et les frères Newlands terminent leur travail par la chaux, comme nous allons le dire, ces alcalis reparaissent, et, avec eux, la saveur et l'odeur. En somme, les avantages sont peu prononcés :

Les dépenses ne sont pas insignifiantes : 1 kilogramme de potasse KO demande, pour former de l'alun, $7^{kil}.10$ de sulfate d'alumine, *théoriques*, et 1.043 d'acide sulfurique :

$$\begin{matrix} KO + (SO^3)^3Al^2O^3.(HO)^{18} + 6\,HO + SO^3HO = (SO^3)^3Al^2O^3 \\ 47 \qquad 333.5 \qquad\qquad\qquad 49 \qquad\quad SO^3\ KO \end{matrix} \Big\} (HO)^{24}$$

$$\frac{333.5}{47} = 7.10 \quad \frac{49}{47} = 1.04,$$

ou bien $333.5 \times 4/3 = 416.9$ de sulfate d'alumine seul, en prenant

Digitized by Google

le quatrième équivalent d'acide dans ce sulfate lui-même, ce que font les auteurs :

$$\frac{416.9}{47} = 8.88$$

A cause des impuretés dont le sulfate commercial est ordinairement chargé, Duncan et les frères Newlands portent la quantité pratique à 9.50.

Dans l'exemple cité, 100 kilogrammes de sirop contenant 3.40 cendres dont 1.36 KO demandent $12^{kil}.92$ de sulfate d'alumine (1). On emploie ce sulfate en dissolution concentrée, marquant 24 degrés (densimétriques); les auteurs donnent une table de solubilité permettant de connaître, par le densimètre, la richesse de la solution. Après le mélange de cette solution et du sirop, une heure suffit pour la précipitation de la plus grande partie de l'alun (parfois 95/100) ; en général, deux heures doivent être données à ce dépôt. On passe alors le sirop dans un filtre de grosse flanelle, et on facilite la filtration par les sucettes. — *Jamais l'alun théorique n'est entièrement précipité.* Dans les meilleures conditions, le poids de l'alun obtenu parvient difficilement à celui du sulfate d'alumine employé.

416.9 de sulfate devraient fournir 412.4 d'alun (2).

En général, on obtient à peu près les 3/4 de ce poids. — On ne précipite donc que les 3/4 de la potasse et on perd 1/4 du sulfate d'alumine d'abord, puis la différence de valeur de l'alun obtenu et du sulfate d'alumine qui est plus coûteux, sans parler du prix de main-d'œuvre, etc.

(1) Dans la pratique, une analyse quantitative de potasse serait coûteuse. Les auteurs conseillent la seule détermination des cendres et admettent KO = 1/25 de leur poids. C'est là une *donnée* vague, car la teneur est très-variable. Les auteurs eux-mêmes citent :

De 30.1 à 48.9 (Boussingault),
— 49.6 (Krocker),
et j'ajoute : 22.3 à 56.4 (Maumené),

(2) En perdant 51.5 d'Al^2O^3 remplacés par 47 de KO.

Digitized by Google

Dans le sirop filtré, nous avons 1/4 du sulfate d'alumine dont il faut se débarrasser soigneusement, ce produit renfermant toujours de l'acide sulfurique libre, ennemi mortel du sucre cristallisé. Duncan et les frères Newlands emploient la chaux, ou son carbonate ; si l'on fait usage de ce dernier, on le délaye en bouillie épaisse et on doit ajouter « très-graduellement, pour éviter le débordement » d'écume ; le bac de neutralisation doit être seulement à moitié » plein ; il est parfois nécessaire d'employer un jet de vapeur, ou » de jeter un peu de lait de chaux pour empêcher l'écume de pas- » ser par-dessus le bord du bac. Le mélange doit être continué » longtemps, à cause de la persistance des bulles de gaz à rester » emprisonnées dans le sirop, qu'on ne doit pas chauffer, pour les » chasser, tant qu'il est plus ou moins acide. Pour ces raisons et » d'autres il est mieux de neutraliser avec la chaux et seulement » un peu de carbonate. » — On voit toutes les suites de cette partie du travail : nécessité de diluer, de filtrer une seconde fois, de carbonater si la chaux est mise en excès, de cuire, etc. — Le précipité formé est un mélange de sulfate de chaux, carbonate de chaux, sous-sulfate d'alumine ou alumine pure, etc. Dans un liquide à 23, 26 degrés (densimétriques), ce dépôt est trop visqueux pour permettre les filtres-presse. Il faut diluer à 16 degrés (densimétriques) « ou plus bas » ; alors une grande partie du dépôt tombe et le liquide peut passer dans ces filtres ; mais il est préférable d'employer les sucettes.

Voilà donc un second travail, long, coûteux, pénible (1) pour enlever du sulfate d'alumine perdu, soumettre le sucre, une seconde fois, à l'action de l'eau et de la chaleur, sinon des acides, etc., et le tout, pour éliminer les 3/4 d'une dose *inconnue* de potasse, dont l'influence dans les sirops n'est pas exactement appréciée ! Le seul point certain, c'est une diminution, *en très-petite partie*, du coefficient salin. La diminution est trop chèrement payée, il faut bien le dire ; car on ne peut oublier, outre les raisons qui viennent d'être

(1) Les auteurs craignent l'acide carbonique (avec raison) et recommandent d'empêcher l'entrée dans les bacs de neutralisation, qui doivent être fermés à clef.

Digitized by Google

développées, que la potasse enlevée, ainsi à grands frais, diminu la valeur des salins fabriqués un peu plus tard et dont elle est principal élément.

Je résumerai ce long exposé en peu de mots. Assurément le pr cédé est très-logique, les trois auteurs ont toutes les conditions n cessaires au succès d'une application de la chimie; j'ai eu l'ho neur de les connaître et je rends simplement justice en affirmant l grandes qualités de Duncan, fabriquant des plus instruits, et cell des frères Newlands, chimistes des plus distingués. Ce que je veu faire ressortir, dans l'intérêt général, c'est le contraste des talèn déployés et du résultat obtenu; c'est la nécessité de calculer tout les parties d'un problème, au double point de vue de la science et d l'industrie, si l'on veut éviter de grandes peines et de grandes dé penses en pure perte. Telle est, à mes yeux, la fin réelle du procéd Duncan, digne pourtant d'un beaucoup meilleur sort.

1088. Un autre procédé destiné à la purification des ju sucrés, dans une autre voie, mérite encore de fixer notre attention C'est celui qu'on a nommé procédé du phosphate d'ammoniaque e de la baryte, dont les auteurs se proposaient de tirer grand parti, pou l'élimination de l'acide sulfurique et de la chaux des sels calcaires formés par un acide assez puissant pour retenir cette chaux malgr l'acide carbonique.

Prenons, pour exemple, un jus de betterave contenant 19^{gr}.2 d'acide sulfurique, SO^3, par hectolitre. On commence par enleve cet acide au moyen de la baryte, caustique et cristallisée (1). D sulfate de baryte se dépose, et la chaux, que l'acide sulfurique au rait pu retenir, est libre maintenant; elle peut être éliminée à so tour par l'acide phosphorique, à la condition d'employer cet acid en phosphate tribasique d'ammoniaque (2). On dose la CaO conte nue dans le jus, et, d'après ce dosage, on ajoute un volume conve

(1) Cet alcali, fabriqué aujourd'hui très en grand, ne coûte pas plus de 40 fr les 100 kilogrammes.

(2) La même usine livre ce sel enfermé dans du fer-blanc, au prix de 1 fran 50 centimes le kilogramme.

Digitized by Google

nable d'une solution titrée de phosphate alcalin, mesurée par la proportion :

1 de CaO = 0.8452 PhO^5 pour donner $PhO^5(CaO)^3$.

La solution de phosphate, conservée en vases fermés, est mesurée par litres, suivant sa densité : les auteurs ont trouvé que chaque degré du densimètre représente, par litre, à peu près $4^{gr},67$ d'acide PhO^5. On peut donc facilement donner le nombre de litres à employer par chaudière.

Assurément la méthode est très-logique : elle semble de nature à lever deux obstacles les plus embarrassants dans le travail de cuite. Le sulfate de chaux est un des plus fâcheux incrustants du triple-effet ou des chaudières à cuire; on ne l'enlève pas sans de grandes peines (§ 882). Par la baryte il est très-complètement éliminé; — les sels solubles de chaux, indécomposables par l'acide carbonique, paraissent seuls auteurs des cuites dormantes (chap. XIV); leur enlever la chaux et les transformer en sels d'ammoniaque, c'est faire disparaître leur influence et rendre les cuites faciles. En outre, les sels ammonicaux peuvent, en partie, être volatilisés par les évaporations et débarrasser les jus, ou sirops, d'une partie des acides qui formaient des sels fixes avec la chaux. Voici, je le répète, un ensemble logique. Mais à quel prix obtient-on ce résultat?

J'ai supposé $19^{gr}.28$ de SO^3 par hectolitre; c'est peu; en général, on trouve 60 à 70 grammes, dans beaucoup de contrées; il faut alors

	grammes.	
Pour 60 grammes.....	249.75	baryte cristallisée (à 10 HO)
Pour 70 grammes.....	291.375	— — —

c'est, au maximum, une dépense de 12.5 à 15 ou 16 centimes par hectolitre.

Si, d'un autre côté, le jus renferme 50 à 60 grammes de chaux, CaO, ce qui n'est pas rare, il faut

	grammes.	
Pour 50 grammes.....	88.70	phosphate d'ammoniaque
Pour 60 grammes.....	106.44	— —

cette fois la dépense est de 15 centimes.

Digitized by Google

Les deux opérations ne demandent pas plus de 30 centimes, ensemble, par hectolitre.

Quel est le bénéfice obtenu ? — Si je suis bien informé, le rendement serait augmenté dans la proportion de 7.5/100. Une fabrique aurait obtenu 10750 sacs, au lieu de 10000. Je ne puis donner ce résultat sans une grande réserve ; s'il est vrai (ce qui n'a pas pu être établi dans la fabrique dont je parle), le bénéfice serait grand. 750 sacs représentent 15000 hectolitres, et à 30 centimes l'un, c'est une dépense de 4500 francs seulement ; le bénéfice serait, en déduisant cette dépense, d'environ 33000 francs ; car 750 sacs à 60 francs valent 45000 francs, et déduction faite de 4500, il reste 40500. Si l'on déduit encore 750 *sacs* de mélasse, dont l'existence est remplacée par celle du sucre, soit 7500 francs, il reste enfin 33000 francs.

Ce procédé toutefois n'exige pas les grandes dépenses dont le précédent ne peut être déchargé ; il est mis en pratique avec deux réactifs seulement, sans appareils spéciaux ; est-il pour cela sans inconvénient grave ? — Non, malheureusement.

Les dépôts contenant du sulfate de baryte ne peuvent pas être livrés à l'agriculture ; ce sel est vénéneux, non-seulement pour l'homme, mais pour les végétaux. En second lieu, ce n'est pas une chose simple de faire évaporer les sels ammoniacaux. Tous ces sels ont la propriété, bien fâcheuse dans le cas actuel, de se décomposer en sels alcalins, où l'ammoniaque est en excès, très-volatils, et en sels acides qui restent dans le jus sucré, où ils exercent presque les mêmes ravages que leurs acides libres. Il est donc, théoriquement, impossible d'obtenir un rendement plus fort et, même, d'obtenir un rendement ordinaire, puisque le sucre est inverti partiellement. Je ne puis donc croire à l'avantage des 750 sacs en plus et, à moins d'une circonstance dont je ne serais point informé, je crois même à une perte. En outre les vapeurs ammoniacales attaquent les tubes des appareils et occasionnent de graves inconvénients.

1056. *Tannin*. — Un des agents de purification qui ont été le plus vantés est le tannin. Un grand nombre de personnes le recommandent. Tout récemment on a repris des expériences sur

Digitized by Google

son sujet et on a fait de nouveaux efforts pour expliquer et justifier son emploi. Ce n'est pas chose très-facile. Le tannin a une propriété dont on a cru pouvoir tirer parti : c'est de former avec la gélatine un composé insoluble, ou presque insoluble, bien connu, puisqu'il est la base de la préparation des cuirs. Nous avons vu (§ 490) un exemple frappant de la manière dont ce composé prend naissance dans les peaux d'animaux ; lorsqu'on traite la gélatine, non plus demi-solide comme elle l'est dans ces peaux, mais en dissolution, et très-fluide, par une solution pure de tannin, on l'obtient immédiatement sous la forme d'un précipité blanc, dont les molécules sont capables de s'agglomérer facilement et produisent des grumeaux, qu'on peut aisément séparer à l'aide des filtres.

Si les matières azotées des jus pouvaient, comme la gélatine, s'unir au tannin et former le tannate insoluble dont nous parlons, cet acide, malgré son prix, sur lequel nous ne nous arrêtons pas, pour le moment, pourrait certainement contribuer à parfaire la défécation et à débarrasser les sirops d'une des parties du non-sucre les plus défavorables à la cuisson et au bon goût des sucres.

Mais cet ensemble de conditions existe-t-il ?

D'abord le tannin est un corps dont la définition a singulièrement besoin d'être présentée ; il peut offrir de nombreuses espèces (§ 489), et ces *divers tannins* n'agissent pas avec la gélatine absolument l'un comme l'autre. En second lieu, les matières azotées des jus ne sont pas de la gélatine et ne s'unissent pas, comme elle, avec le tannin pour former des composés aussi insolubles ; quelques-unes même n'en forment pas, ou en donnent de solubles, ce qui revient au même. On est donc, sur ce point déjà, fort embarrassé de comprendre la part que le tannin peut réellement avoir à la défécation.

D'ailleurs est-ce de l'acide tannique pur, du tannin extrait, par l'éther, de la noix de galles qu'on emploie ou qu'on recommande ? Non, cet acide est trop cher et il faut bien s'en tenir aux produits impurs, trouvés dans le commerce à des prix moins élevés, pour pouvoir appliquer *les tannins* que ces produits contiennent. Or, à côté de l'impuissance, au moins partielle, de ces corps d'agir avec

Digitized by Google

les matières azotées, albumineuses, etc., pour en opérer l'élimination en précipité insoluble, les impuretés, qui accompagnent leur tannin, sont ajoutées dans les jus et ne peuvent vraisemblablement pas y exercer une action défécante ; il est certain qu'une partie de ces impuretés augmentent inutilement le non-sucre et compensent largement, sinon même avec excès, l'action épurante du tannin.

L'action des matières azotées sur cet acide n'est pas la seule qu'on lui attribue. On fait valoir aussi la seconde propriété qu'il possède, de former avec la chaux un composé très-peu soluble. Mais cette propriété n'est pas plus prononcée, ni même autant, que celle de l'acide carbonique, dont le prix est moindre et qui n'a pas l'inconvénient d'amener dans les jus des impuretés nouvelles. On peut donc répéter, théoriquement et pratiquement, la pensée d'employer le tannin pour cette seconde application.

Sans étendre davantage cette discussion, dont la conclusion est bien évidente, voyons si les expériences peuvent appuyer, à un certain degré, la faveur demandée pour le tannin, au double point de vue que nous venons de dire.

1057. Tout récemment des études précises ont été publiées. La proportion des matières azotées, précipitées par le tannin, a été mesurée soigneusement par Barbet. Voici les résultats obtenus : 250 centimètres cubes de jus carbonaté, gardant encore assez de KO et de CaO, pour neutraliser 1^{gr},89 d'acide par litre, ont reçu 0^{gr},500 de tannin *pur ;* après agitation et dépôt, le tannin se trouvant en excès, on ajouta 100 autres centimètres cubes de jus. Le précipité sec pesait 0^{gr},520 et contenait 0^{gr},0012 d'azote. D'un hectolitre on aurait donc précipité 0^{gr},343 d'azote, ou, au maximum, 2 grammes de matière azotée, calculée en gélatine ; et en vue de ce même résultat, tout à fait insuffisant pour changer l'état des sirops d'une manière appréciable, on aurait dû employer 143 grammes de tannin pur à l'hectolitre !

Puisque la matière azotée précipitée ne s'élève pas à un chiffre plus fort, on peut se demander si le tannin a été employé pour précipiter la chaux. L'auteur a examiné plusieurs précipités : celui qui nous occupe, dont le poids ne dépassait pas 0.520, et d'autres sem-

Digitized by Google

blables. Du premier au dernier, ces précipités lui ont fourni de 4.8 à 5.4 de CaO, moyenne 5. 1/100. Le calcul indique 4.38, en admettant avec l'auteur $C^{54}H^{21}O^{33}.CaO$.

On aurait dû obtenir 0.522 de tannate de chaux; la matière azotée, calculée d'après son azote, ayant le poids de $0^{gr},007$ et correspondant à peu près à 0.015 de tannate, il n'existe en réalité que 0.505 de tannate calcaire. Une petite quantité est perdue parce que ce composé est un peu soluble dans l'eau de lavage. On a donc précipité seulement 0.20 ou même 0.19 de CaO sur 0.448 que contenaient les 350 centimètres cubes de jus (1).

Ainsi le tannin, même pur, ne précipite que très-peu de chaux (2).

Si l'on ajoute que le tannin à bas prix, de l'extrait de châtaignier, ou de sources diverses, n'est pas pur; qu'il faudrait une quantité très-forte de ces produits pour arriver à celle de tannin réel qui serait nécessaire, d'après ces expériences; que le résultat serait des plus incertains, les jus additionnés de nouvelles matières; que l'acide tannique se change on ne peut plus aisément en acide gallique et glucose, et que l'acide gallique ne produit pas du tout les effets du tannin, on pourra conclure au rejet du tannin comme agent d'épuration, ses effets ne répondant, sous aucun rapport, à ceux qu'on obtient de l'acide carbonique à beaucoup meilleur marché. Tout s'accorde pour conseiller ce rejet, car son action, même si restreinte, exige un grand excès de chaux, dont il est nécessaire de se débarrasser par l'acide carbonique. On s'est rejeté sur les qualités antiseptiques du tannin; mais, à ce point de vue, et comme agent de préservation du sucre, il n'est pas comparable à la chaux, parce qu'il est altérable, et parce qu'il coûte énormément plus cher.

1038. *Acide sulfureux.* — Faut-il enfin parler d'un procédé qui a fait beaucoup de bruit, à diverses reprises, celui de l'épu-

(1) L'auteur admet que l'alcalinité est due : 0.60 à la potasse,
1.29 à la chaux;
il ne parle pas de la soude.
1.29 d'acide correspondent à 1.98 CaO par litre.

(2) *Journ. des fabr. de sucre*, 21 mars 1877.

Digitized by Google

ration au moyen de l'acide sulfureux, des sulfites, acides ou même neutres? Il est difficile d'éviter l'examen de ces méthodes; mais nous le ferons rapidement, pour les condamner d'une manière absolue, en signalant les principaux motifs de cette condamnation dont il n'est plus possible aujourd'hui de tolérer même l'appel.

L'acide sulfureux est un agent de décoloration très-puissant : c'est une vérité depuis longtemps connue, depuis longtemps incontestable. En second lieu, cet acide, malgré sa *force*, ne paraît que peu dangereux pour certaines matières organiques; car la laine, par exemple, exposée, même un grand nombre de fois, à l'action de l'acide, pour la blanchir, ne souffre pas d'une manière sensible et conserve, à très-peu près, sa solidité première. Enfin, l'acide sulfureux est d'un prix très-modique. Un tel ensemble de propriétés peut séduire. Mais toute médaille a un revers; il ne faut jamais l'oublier quand il s'agit d'une application industrielle : l'acide sulfureux est d'une oxydation facile; au simple contact de l'air, il devient acide sulfurique, et sa puissance inversive, déjà grande pour lui-même, devient plus grande encore après cette oxygénation. D'un autre côté, même à l'état d'acide sulfureux pur, il est loin de ne pas agir sur les matières organiques : celles qui ne renferment pas d'azote, au contraire de la laine, sont plus ou moins menacées d'altérations sous son influence, et le sont davantage quand il est transformé en acide sulfurique; elles sont bientôt modifiées, changées en produits bruns. L'acide passe ainsi de l'état d'agent décolorant à celui d'agent colorateur. Enfin, l'acide sulfureux est irrespirable; il provoque la toux, irrite le poumon et n'est pas d'un usage favorable à la santé.

Les sulfites acides partagent, à très-peu près exactement, ses qualités et ses défauts; leur excès d'acide est presque libre (quant à l'oxydation par l'air et aux suites dont elle est cause), leur prix est un peu plus élevé; la formation de sulfates qu'ils peuvent occasionner est un des plus grands inconvénients à redouter dans l'évaporation des jus; elle est plus grande qu'avec l'acide pur.

Les sulfites neutres n'ont plus, par eux-mêmes, les propriétés de leur acide; mais ils peuvent être employés en les additionnant d'une proportion convenable d'acide sulfurique, ou chlorhydrique. De

Digitized by Google

cette manière on les transforme en sels acides, en bisulfites, dont nous venons de parler. L'avantage de leur emploi, c'est leur facilité de conservation beaucoup plus grande. L'inconvénient (il est grave), c'est la nécessité de leur ajouter un acide, opération toujours des plus dangereuses en présence du sucre.

Nous pouvons brièvement exposer les résultats obtenus par l'emploi de l'acide sulfureux sous les trois formes. Des auteurs divers ont breveté trois procédés basés chacun sur une des trois.

1089. 1° *Emploi des bisulfites. — Procédé Melsens.* — C'est celui qui a fait le plus de bruit, à cause du talent de l'auteur et de l'appui que Dumas a essayé de lui donner.

Le procédé consistait à employer le bisulfite de chaux, suivant l'idée première de Proust, mais en ajoutant, d'après des expériences nouvelles, la pensée d'utiliser les qualités défécantes de cette combinaison acide et son inactivité sur le sucre, même à 100 degrés. L'auteur versait une dissolution de bisulfite (à 7 ou 8 degrés densim.) sur la râpe; on pressait la pulpe et on soumettait le jus à la défécation, comme à l'ordinaire. Tout le reste du travail demeurait semblable à l'ancien. Les sirops obtenus étaient peu colorés et donnaient des cuites que l'auteur croyait assez riches pour qu'« il eût été impossible d'extraire de la mélasse ». Sur ce point précis, l'erreur de Melsens et de Dumas était complète; mais rien ne saurait donner l'idée de la passion où cette erreur les avait entraînés.

Publier les résultats de laboratoire, sans contrôle industriel sérieux, proclamer l'absence de mélasse dans des cuites qui en renfermaient 25/100, annoncer ces résultats comme une *révolution* complète dans l'industrie, laisser le gouvernement présenter un projet de loi pour tirer tout le revenu public des produits de la nouvelle industrie, et suspendre sur la tête des fabricants la menace d'une ruine très-prompte, par la transformation inévitable du travail et la domestication du procédé d'extraction du sucre, tels furent les effets du vertige incroyable auquel s'abandonnaient Melsens et Dumas, dans l'espoir, mille fois trop léger, de rendre un grand service à la nation, en mettant à la portée de tous la préparation du sucre.

Digitized by Google

La première réunion des fabricants, convoqués *in extremis*, fit tomber le château de cartes bâti par des mains si téméraires. Au premier coup d'œil, il fut aisé d'avertir l'auteur de l'existence d'une grande proportion de mélasse dans les échantillons où il ne la croyait pas formée. Les expériences en grand, ordonnées par le gouvernement, confirmèrent avec précision ce premier jugement, très-peu douteux au reste. Les inconvénients du bisulfite ne tardèrent pas à être reconnus, et en fort peu de temps le procédé tomba dans l'oubli le plus profond.

L'application du bisulfite de chaux indiquée par Melsens ne donna pas d'abord de bons résultats pour la canne, pas plus que pour la betterave. En 1860, à Cuba, Ed. Beanes obtenait de très-bons résultats, disait-il, en saturant les vesous par la chaux et neutralisant par un courant de gaz sulfureux. Bien plus, à la Jamaïque dès 1850, et à Java dès 1851, la Havane 1852, la Louisiane 1854, on obtenait de bons rendements par le bisulfite (1). Le procédé de Beanes, trop vanté, ne fut jamais bien connu (2); son prétendu succès tint à d'autres causes, l'emploi des appareils à cuire dans le vide, etc. (3).

1060. 2° *Emploi des sulfites.* — Plusieurs personnes les ont compris dans des brevets; l'emploi s'en fait en dissolution, comme dans le cas précédent : on ajoute de l'acide étendu, ce qui change le sulfite en bisulfite, et fait rentrer le système dans celui qui précède.

1061. 3° *Emploi de l'acide sulfureux.* — Drapier et Dubrunfaut l'ont essayé sans bien comprendre que ce procédé, qui avait donné de bons résultats à Proust, pour le sucre de raisin, ne pouvait fournir ces mêmes bons résultats pour le sucre normal. Avertis par l'insuccès, il leur fallut bientôt renoncer à une méthode si dangereuse. Dubrunfaut voulut persévérer; mais il suffit de lire sa description pour juger les difficultés contre lesquelles il se heurtait. L'acide sulfureux était saturé par la chaux, et l'excès inévitable de cette base

(1) *Comptes rendus*, LV, 727.
(2) *Comptes rendus*, LV, 788.
(3) *Comptes rendus*, LVIII, 523.

Digitized by Google

était saturé par de l'acide sulfurique... Il est impossible d'imaginer un ensemble de conditions plus désastreuses.

1062. Un chimiste allemand, Seyferth, a essayé, en 1869, une application nouvelle. Cette application consistait à introduire une solution d'acide sulfureux, au centre des sirops, dans l'appareil de cuite. La solution, amenée en filet continu, devait se mêler immédiatement avec la masse sucrée, dont les alcalis ne pouvaient manquer de produire la saturation de l'acide, et d'éviter absolument son action inversive. Un tel résultat ne peut être obtenu couramment, d'une manière sûre; au moindre accident survenu dans l'appareil d'injection, à la moindre irrégularité dans la distribution de l'acide, une certaine quantité de sucre est, en un instant, dissoute dans un excès d'acide et complétement invertie, c'est-à-dire rendue incristallisable. L'inversion marche très-rapidement vers ses dernières limites, jusqu'à l'état extrême d'inactivité optique signalé dans le § 135; à cet état, le sirop le mieux décoloré d'abord présente le fâcheux caractère d'une prompte recoloration en brun hyacinthe très-foncé; cet effet se produit même après refroidissement. Je regrette d'avoir à le dire, jamais je n'ai vu de masses cuites aussi altérables, à ce point de vue, que celles dont le procédé Seyferth est la source.

En résumé, l'acide sulfureux n'a jamais produit de bons résultats, soit par lui-même, soit par les sulfites acides. Sa puissance décolorante est réelle, mais d'un effet passager; l'inversion des masses cuites est presque aussi rapide qu'avec de l'acide sulfurique, et la recoloration devient beaucoup plus prompte et plus profonde. Tous ces effets sont aujourd'hui nettement expliqués; ils sont inévitables. Il est permis de déclarer l'emploi de l'acide sulfureux impossible dans les fabriques; cette impossibilité demeure évidente pour les sulfites comme pour l'acide lui-même: les sulfites acides, parce qu'ils ont tous les inconvénients de l'acide isolé; les sulfites neutres, parce qu'on n'en tire pas de parti utile sans les amener à l'état de sulfites acides.

Il en est de l'acide sulfureux comme de la macération (diffu-

Digitized by Google

sion, etc.) et comme du mouvement perpétuel : on ne doit plus en reparler.

1063. Un des procédés qui peuvent paraître offrir quelques avantages repose sur l'emploi du savon. Si ce composé, dans son mélange avec des sels de chaux solubles, pouvait former du savon calcaire insoluble et ne pas introduire dans les jus une substance capable de faire mousser les sirops, et de rendre, plus tard, les cuites plus ou moins dormantes, par l'effet des sels alcalins produits dans la double décomposition avec ceux de chaux, l'emploi serait profitable. Avec la chaux libre, le savon donne un savon calcaire insoluble et de la soude libre. Mais le grand inconvénient de cette méthode, c'est d'exiger le dosage du savon nécessaire : un excès, même très-faible, rend les jus mousseux, gras, très-difficile à cuire. Dans la turbine, on ne l'extrait pas aisément. D'ailleurs le savon a un prix déjà trop élevé. Enfin, et surtout, il communique aux jus ou sirops, une odeur et une saveur exécrables. Par toutes ces causes, il est absolument impossible de faire usage d'un tel système.

1064. Il faut encore dire un mot des procédés basés sur l'emploi de l'alcool. En principe, un liquide volatil, facile à distiller et par conséquent à purifier, capable de dissoudre le sucre pur et de le séparer du non-sucre insoluble, rendrait évidemment l'immense service de permettre une extraction complète, immédiate et sûre, de la totalité du sucre normal contenu dans les matières premières, saccharines, betteraves, cannes, etc. Ce serait la meilleure solution du problème, si le liquide, remplissant toutes les conditions théoriques dont nous parlons, possédait en même temps l'avantage pratique de ne pas être d'un prix élevé, de ne pas être aisément dissipé dans l'atmosphère pendant les opérations des fabriques, en un mot de n'occasionner que de faibles dépenses.

L'alcool ordinaire, ou *diénique*, $C^4H^6O^2$, approche assez des conditions générales qui viennent d'être exprimées, pour inspirer la pensée de l'employer à extraire le sucre. Il ne dissout pas le ligneux ou, en général, le squelette végétal de la canne, de la betterave ni des autres végétaux : pris à un dègré convenable, il peut dissoudre

Digitized by Google

le sucre normal et laisser insolubles presque tous les sels; c'est déjà beaucoup. Malheureusement, il dissout le sucre inverti mieux encore que le sucre normal, et il dissout aussi le plus grand nombre des matières azotées, ou de leurs dérivés, ce qui l'éloigne notablement des conditions théoriques, toutes nécessaires à une extraction parfaitement méthodique.

En outre, l'alcool coûte cher, comparativement aux autres agents d'épuration, de défécation, etc. Le moindre accident peut faire perdre des quantités très-considérables et occasionner de fortes pertes d'argent; dans le travail le mieux ordonné, ces pertes sont très-réduites; mais elles ne sont pas négligeables. L'emploi d'un liquide aussi volatil exige des appareils spéciaux, volumineux, à fermeture hermétique, non-seulement pour le traitement des sirops (qu'il faut d'abord produire), mais pour la restitution du liquide pur, au moyen de la distillation, après ce traitement; c'est un matériel pesant et très-coûteux. Enfin l'alcool expose à de grandes chances d'incendie; les sinistres peuvent être assez rares, mais ils sont presque inévitables. Il y a donc un faisceau de raisons puissantes à objecter contre son emploi.

Toutefois, on a cru pouvoir essayer son usage malgré ses défauts.

Le seul moyen de résoudre la question c'est, comme dans toute question industrielle, de peser, le plus soigneusement possible, le pour et le contre, et de se soumettre aux chiffres par lesquels on peut exprimer la valeur, positive ou négative, du bénéfice.

Je voudrais offrir à mes lecteurs une balance de compte fondée sur des appréciations exactement formulées et complètes; j'avoue ne pouvoir le faire avec la précision suffisante. Il y a plusieurs méthodes dues à des hommes très-recommandables; ces méthodes diffèrent beaucoup; leur application comporte de grandes variations de prix et, jusqu'à présent, aucune ne paraît donner les résultats d'un avantage marqué sur les autres méthodes que j'ai décrites. Je n'essaierai donc pas d'établir le compte d'une des méthodes à l'alcool, parce que ce compte serait trop étendu, reposerait sur un trop grand nombre d'éléments incertains et ne pourrait donner une conviction bien établie. Je me bornerai simplement à donner le

Digitized by Google

tableau des méthodes essayées; leur peu de succès n'exigeant pas des efforts spéciaux de calculs numériques pour en faire ressortir la valeur.

1063. *Méthode par l'alcool pur.* — Le véritable auteur de la première application est inconnu. Des brevets ont été pris par une grande maison du Nord, il y a environ vingt-cinq ans; voici la marche suivie dans les usines de cette maison : Les jus étaient d'abord défiqués par la chaux comme à l'ordinaire, en suivant l'une des méthodes connues; les sirops obtenus dans le triple-effet, soit à peu près 23 degrés (densimétriques), ou à moitié de sucre et moitié d'eau (§ 26), étaient alors mêlés avec 3 volumes d'alcool à 90 centièmes, ou un volume équivalent d'alcool, plus fort ou plus faible, de manière à constituer toute la masse au titre de 80 centièmes. Par cette opération on produit un mélange où ne tardent pas à se former des grumeaux visqueux, d'un vert noirâtre, connus dans la fabrique sous le nom pittoresque de *sangsues*, à cause de leur ressemblance avec les annélides que tout le monde connaît. Le liquide alcoolique, décoloré en partie, et pour la seconde fois défiqué, passait dans l'appareil de distillation où il était dépouillé de tout l'alcool, et de là dans un appareil ordinaire de cuite, où on achevait l'extraction du sucre par la cuite ordinaire, ou, plus tard, par la cuite en grains.

Quel était le véritable avantage de ce travail? Une défécation plus avancée, nous n'en pouvons douter : le dépôt des sangsues contenait une partie des sels que l'eau tenait mêlés au sucre, une partie des matières azotées et de leurs dérivées, un peu de matières colorantes, etc. Mais cette seconde défécation rendait-elle l'extraction du sucre plus facile et plus complète? Un peu plus facile, oui *peut-être;* plus complète, je ne le crois pas. En effet le liquide alcoolique renfermait presque tout le sucre normal, mais il renfermait aussi presque tout le sucre inverti. Les deux sucres existaient, en petite proportion, dans le dépôt, non pas dans le même rapport, ni dans le même état pour le sucre inverti; mais avec assez peu de différence, quant à ce rapport et à cet état, pour laisser le sucre normal

Digitized by Google

du liquide clair gêné dans sa cristallisation, au moins autant, parfois même davantage, que dans les sirops produits sans alcool. Par conséquent le système, au point de vue de l'extraction du sucre, ne pouvait et ne peut donner aucune augmentation de rendement bien sensible, si tant est qu'il en donne. Le sucre obtenu est un peu moins coloré; mais cet avantage, notable à l'époque, n'a plus de valeur aujourd'hui. En somme, pas de sucroît de rendement, peu d'augmentation dans la blancheur, ce qui est sans importance ou à bien peu près maintenant.

Pour un si mince avantage, est-on, au moins, assuré de faire une dépense insignifiante, ou même un peu d'économie? — Bien évidemment non; et malheureusement la dépense est une épée de Damoclès toujours suspendue sur le fabricant, toujours prête à le frapper d'un coup assez terrible pour amener sa ruine. Les pertes *normales*, en alcool, ne sont jamais moindres de 1/100 du volume des sirops et presque toujours de 2/100, soit 2 litres d'alcool absolu par hectolitre de sirop, ou très-près de 4 litres par sac de sucre. Telle a été la perte dans plusieurs fabriques, et dans les meilleures conditions. A 60 centimes, même en supposant l'alcool degrevé des droits et réduit à sa valeur propre, c'est 2 fr. 40 à très-peu près par sac. Déjà cette dépense, qui demeure sans compensation réelle, est véritablement écrasante; mais, en outre, l'alcool est représenté par un capital considérable, difficulté très-sérieuse; et ce capital peut être détruit si aisément par l'incendie, que son emploi frappe les comptes de la fabrique, au titre des frais généraux, d'une dépense considérable, pour assurances. Des huit fabriques où le système a été mis en pratique par les parents des chefs de la grande maison dont je parle, pas une n'a échappé aux désastres causés par le feu : toutes ont été brûlées, une fois au moins, et les suites de ces malheurs n'ont pas besoin d'être exposées avec de longs commentaires.

Tout s'accorde ainsi pour éloigner les hommes sérieux d'une méthode aussi dangereuse et aussi peu profitable. Personne, on peut le dire en l'approuvant, n'a osé suivre un exemple si peu fait pour encourager les novateurs : on aurait délaissé complétement l'alcool si l'usage avait dû toujours être fait dans les mêmes conditions.

Digitized by Google

1066. Mais une idée nouvelle de Margueritte, chimiste distingué dont l'éloge n'est plus à faire, est venu rendre de la confiance dans les méthodes fondées sur l'emploi de l'alcool.

Margueritte, frappé surtout de l'utilité d'une élimination presque complète des sels, et considérant l'insolubilité de tous les sulfates dans l'alcool comme un moyen sûr de produire cette élimination, a proposé depuis longtemps déjà (1) le procédé suivant qu'il applique de préférence aux mélasses : addition dans les sirops alcoolisés d'un peu d'acide sulfurique à 84° densimétriques, 5/100 du poids de mélasse, d'abord, afin de transformer toutes les bases en sulfates et d'en produire, forcément, le dépôt dans un liquide où l'alcool conserve au moins le titre de 90 centièmes. Après séparation du dépôt salin on opère aussi le dépôt forcé du sucre normal, en ajoutant au liquide alcoolique *désaliné* un volume d'alcool à 95 centièmes, du sucre en grains, et abandonnant au repos jusqu'à la séparation complète du sucre en cristaux, ce qui a lieu dans une période de six à douze jours.

L'auteur a d'abord appliqué cette idée, théoriquement des plus plausibles, à l'extraction du sucre des mélasses : pour favoriser la cristallisation du sucre dans le liquide à 90 centièmes il ajoutait (comme Lampadius), 500 grammes de sucre blanc en poudre par kilogramme de mélasse : on obtient ainsi, en six heures, la cristallisation et, sur 480 ou 500 grammes de sucre contenus dans la mélasse, on extrait, au moins, de 350 à 400 grammes. Les 500 grammes ajoutés deviennent 850 à 900 grammes. Ce produit, lavé avec de l'alcool à 95 centièmes, donne un beau sucre et les liquides alcooliques restituent l'alcool pur par distillation. Le procédé comprend donc en résumé :

1° Malaxation à froid de la mélasse concentrée à 48° densimétriques, avec volume pour poids d'alcool à 85 centièmes.

2° Addition de 5/100 d'acide sulfurique.

3° Filtration des sulfates.

4° Addition à la liqueur filtrée de 1 volume d'alcool à 95 centièmes, cristallisation de sucre par l'addition de sucre en grains ; clairçage par l'alcool à 95 centièmes, puis refonte de sucre.

(1) Brevet du 6 mai 1873.

Digitized by Google

5° Redistillation et régénération de l'alcool, fermentation des résidus sucrés de la distillation.

6° Extraction et purification des sulfates.

Dans la pratique, cette idée si juste a d'abord rencontré de grands obstacles : Les produits complexes constituant le non-sucre prenaient, avec l'acide sulfurique et l'alcool, des odeurs très-désagréables ; les sucres obtenus retenaient cette série d'odeurs et n'en étaient pas facilement débarrassés. Si l'on compte, à peu près comme dans l'exemple précédent, la dépense occasionnée par la grande masse d'alcool à employer, les pertes par évaporation, le danger d'incendie, etc., la nécessité de faire servir à la cristallisation un poids de sucre blanc égal à moitié de celui de la mélasse, la dépréciation de ce sucre, etc., le produit obtenu ne paraissait que bien difficilement compenser toutes ces dépenses et, malgré la précision si logique des bases du système, l'auteur n'avait pas réalisé les succès dont il est si digne ; mais, dans de nombreux essais sur une grande échelle pendant une année entière, on a enfin reconnu la parfaite viabilité du procédé qui ne tardera plus à être adopté.

1067. *Procédé des cuites acides.* — On le doit à Margueritte ; théoriquement, il est peu d'idées aussi fines et aussi sérieuses : Après avoir titré soigneusement le coefficient salin d'un sirop venant du triple-effet et prêt pour la cuite, on ajoute une certaine dose d'acide, sulfurique ou chlorhydrique (celui-ci de préférence), en la calculant comme il suit : pour chaque équivalent d'alcali, potasse, soude, etc., l'équivalent d'acide à employer est réduit d'un quart, ou d'un tiers, dans la pensée d'ajouter seulement l'acide nécessaire pour remplacer, dans le sirop, les acides organiques unis aux alcalis. Une partie de ces acides est volatile ; si l'on chauffe le sirop, après l'addition de la dose d'acide chlorhydrique déterminée comme nous venons le dire, on revient promptement à la neutralité ; d'une part, à cause de la saturation partielle de l'acide par les alcalis libres, et, de l'autre, par suite de la vaporisation des acides organiques volatils déplacés par l'autre partie de l'acide chlorhydrique. On atteint donc un double but : premièrement, neutralisation des alcalis libres,

Digitized by Google

ont l'influence sur le sucre inverti est fâcheuse et, secondement, remplacement des sels organiques par des chlorures, dont la présence est beaucoup moins nuisible au point de vue de la facilité cristallisative. Telle est l'idée ingénieuse de Margueritte. Exécutée avec précaution, elle est justifiée par l'expérience : les cuites sont faciles, et la proportion du sucre cristallisé rendue plus grande. La neutralité du sirop, point délicat, est promptement obtenue par la volatilisation d'acides organiques, dont la présence dans l'eau distillée est aisément reconnue.

Dans la pratique, il est nécessaire d'éviter l'erreur pour la distribution des doses d'acide chlorhydrique ; car la moindre erreur, en plus, aurait des suites extrêmement fâcheuses. Les insuccès n'ont pas eu d'autre cause ; on a cru longtemps qu'il n'existe aucun moyen de les éviter à coup sûr. Le procédé restait donc négligé, par suspicion, malgré le talent de son auteur. — On citerait, difficilement, un exemple plus regrettable. Heureusement on commence à ne plus craindre un danger facile à éviter ; on n'y est pas exposé si le chimiste de la fabrique a déterminé soigneusement le coefficient salin du sirop, ou mieux, s'il a effectué au laboratoire une cuite acide ; l'opération peut être alors faite à coup sûr et sans qu'on ait à redouter la destruction, ou même l'inversion, de la plus petite quantité de sucre.

1068. *Extraction du sucre par la baryte.* — C'est de tous les procédés celui qui devrait être préféré, si l'alcali ne coûtait encore trop cher ; le jus peut être défèqué, d'abord avec un peu de baryte, 2 à 4 millièmes : devenu clair, on le traite par un équivalent de baryte pour 1 de sucre. Celui-ci est promptement mesuré au saccharimètre : pour 171 grammes il faut ajouter, théoriquement, 166.5 de baryte cristallisée, $BaO(HO)^{10}$, ou, pratiquement, à cause des impuretés, 171 grammes, poids égal. Les deux corps se mêlent, à froid, sans aucun trouble ; mais, si l'on porte la dissolution à 100 degrés, le sucrate $C^{12}H^{11}O^{11}BaOHO$ se dépose et n'entraîne pas une quantité notable de matière étrangère ; soumis, dans l'eau pure, à un courant d'acide carbonique, il est décomposé ; du carbonate de baryte se dépose et le sucre reste en dissolution. On filtre ; on lave le car-

Digitized by Google

bonate avec un peu d'eau, puis on fait évaporer cette eau de lavage, avec la solution principale, dans le vide, ce qui fournit un sirop presque incolore, où le sucre cristallise facilement, presque aussi beau que les plus beaux candis.

Dubrunfaut a essayé ce travail en grand (d'après l'expérience de Peligot), à une époque où la baryte était chère. On a dû y renoncer, par ce motif et parce que les propriétés vénéneuses de la baryte ont rendu le sucre obtenu très-suspect. C'est une exagération; il est très-facile de ne laisser aucune trace de baryte dans le sucre; il suffit d'ajouter une très-petite quantité de sulfate de soude pour transformer en sulfate ce que le sucre pourrait retenir sous une autre forme et ne retient point sous celle-là. — L'obstacle économique, le prix encore trop élevé, reste le seul à vaincre. Espérons le voir disparaître bientôt.

1069. Mes lecteurs peuvent juger du soin avec lequel je leur présente ces procédés et de l'impartialité de mon jugement. Il m'est sincèrement très-pénible d'expliquer l'insuccès d'efforts tentés par des hommes distingués et des plus recommandables, mais cette nécessité malheureuse ne peut être évitée; chaque idée nouvelle entraîne des inconvénients, souvent difficiles à prévoir; l'inventeur est poussé, tout naturellement, à ne voir que les beaux côtés de son invention : il lui est moins facile d'en mesurer les défauts. Mon seul but est d'avertir du danger tous ceux qui liront les deux exemples que je viens de citer. Je sais, par mon expérience personnelle, tout ce qu'il en coûte de passer par d'aussi dures épreuves et je crois rendre service aux *nouveaux*, en leur montrant les obstacles contre lesquels ont si souvent échoué les *anciens* (1).

(1) Un dernier mot : L'inventeur peut, de la meilleure foi du monde, avoir une idée venue déjà, même depuis longtemps, à l'esprit d'un autre. Donner de la publicité, sans arrière-pensée, à cette idée que l'on croit nouvelle, c'est s'exposer à la plainte du prédécesseur et à des réclamations, judiciaires au besoin, fondées sur un brevet. Rien de plus triste et de plus dangereux; il faut l'éviter à tout prix. Un moyen, un seul, c'est l'étude des brevets antérieurs. Presque tous les produits chimiques ont été brevetés pour une application à la purification des jus sucrés; un même produit se trouve dans un grand nombre de brevets, pour un mode d'emploi plus ou moins spécial. Chaque brevet comporte d'ail-

Digitized by Google

Une seule réflexion pour finir : la plus grande difficulté de l'avenir est la production du sucre inverti; tous les efforts tentés dans le passé ont échoué, pour la plus grande partie, par suite de la méprise où l'on est toujours resté vis-à-vis du but réel à atteindre par la défécation, les carbonatations, etc. Ce n'est pas tant la partie non-glucosique du non-sucre que la partie glucosique, le *sucre inverti*, dont on doit chercher à débarrasser le sucre normal pour en opérer l'extraction complète. On s'est appliqué surtout à éliminer les matières azotées, albuminoïdes, etc., d'après une connaissance très-vague de ces matières et malgré la faiblesse de leur proportion; mais on n'a presque point songé à *éviter le sucre inverti* dont la proportion est, toujours, beaucoup plus grande et dont on ne se débarrasse dans aucun des procédés de défécation, ou d'épuration, quel qu'il soit.

Les végétaux sucrés, la canne, la betterave, ne renferment pas de sucre inverti dans leur état de maturité normal; aujourd'hui c'est un fait bien certain, indiscutable. N'est-ce pas un *devoir*, pour le fabricant éclairé, de saisir l'instant de cette maturité précise, et d'empêcher, s'il est possible, cet état précieux de se perdre sans raison. Il est possible de l'empêcher et il ne faut certainement pas une dépense trop grande; il n'en faut pas plus, tout bien considéré, que pour le travail actuel où rien ne peut éviter la lourde perte causée par *l'inversion de presque la moitié du sucre*.

Le moyen, c'est mon système de conservation par la chaux, modifié comme on l'a vu § 790, et dont l'emploi demande seulement les citernes décrites au § 780. Tout marche aujourd'hui vers l'adoption logique de cette méthode. Toutes les usines dont l'alimentation repose sur un certain nombre de râperies doivent se hâter de faire cette adoption. N'agrandissez plus l'usine centrale, multipliez les râperies et amassez les jus dans des citernes, bien moins coûteuses que les râperies elles-mêmes; faites ces jus avec des betteraves

leurs des interprétations plus ou moins nombreuses. — Il faut être bon avocat, non pour mettre à jour une idée nouvelle, mais pour en établir les avantages sur un terrain solide; c'est de beaucoup le plus difficile.

Digitized by Google

mûres, en une quinzaine de jours, rien ne s'y oppose plus. Et vous pourrez tirer de cette situation les avantages suivants :

1° Travail continu d'extraction du sucre dans l'usine centrale, sans aucune interruption pendant toute l'année.

2° Vente des sucres en temps utile, avec liberté plus grande des conditions de vente.

3° Uniformité absolue du travail de fabrication pendant toute l'année.

4° Suppression d'une très-grande partie des frais de fabrication, noir, bas-produits, etc.

5° Augmentation considérable du rendement en quantité et qualité.

6° Diminution des mélasses.

Rien n'est plus certain que l'obtention de ces nombreux et grands avantages, personne ne saurait le nier. La dépense des citernes est loin de compenser les bénéfices produits par ce système. Il me sera permis de le recommander une fois encore et avec la plus grande instance; l'avenir est à lui tout entier.

1070. En terminant, je dois le dire, il n'est guère de produits chimiques dont on n'ait breveté et vanté les avantages prétendus comme agents de défécation ou d'épuration des jus sucrés. Nous avons examiné les principaux, comme exemple non-seulement des efforts ingénieux et savamment dirigés dans le but d'améliorer la fabrication, mais aussi des difficultés innombrables auxquelles les amis du progrès viennent se heurter. Je ne donnerai pas la liste des procédés proposés : il faudrait un volume ; je me borne à avertir mes lecteurs de la nécessité d'étudier les brevets, avant de consacrer leurs soins et leurs peines à des applications qu'ils croiraient nouvelles. Ils éviteront ainsi des pertes de temps énormes et des déceptions qui pourraient être cruelles.

Digitized by Google

PROCÉDÉS DE CONSERVATION.

1071. *Procédé Maumené.* — Jusqu'à présent ma méthode est la seule qui ait été, non pas proposée, mais justifiée de la manière la plus complète par de nombreuses et grandes expériences. Elle seule remplit les conditions de PRÉSERVATION ABSOLUE du sucre, d'amélioration progressive des jus et d'économie. Mes lecteurs me sauront gré d'y revenir et de donner tous les détails nécessaires pour établir, jusqu'à l'évidence, l'utilité de cette méthode et même sa nécessité, pour l'extraction la plus parfaite du maximum de sucre.

Examinons successivement les trois points que je viens d'indiquer :

1° *Préservation absolue du sucre.* — J'ai déjà produit cette affirmation et discuté l'objection contraire dans le § 784; mais il est bon de rapporter ici les expériences principales qui expliquent la *nécessité d'un moyen de préservation du sucre* dans un système de travail quelconque et pour une matière première quelconque (betterave, canne, etc.).

Nous avons vu, § 27, que le sucre pur, dissous dans l'eau pure et conservé, pendant un certain temps, subit peu à peu l'inversion du pouvoir rotatoire, jusqu'à 38 et même 42 degrés. — Ce qu'il importe en ce moment de remarquer, c'est que la dissolution reste incolore et qu'aucun symptôme d'altération ne frappe notre vue. On pourrait croire que la dissolution est toujours la même. Un tel effet est inévitable, non-seulement dans les flacons de nos laboratoires, mais dans les végétaux sucrés, aussitôt que leur végétation est arrêtée; betteraves arrachées du sol, cannes coupées, etc., ne sont plus que des flacons d'eau sucrée, où l'inversion dont il s'agit ne peut être évitée. Il y a plus, cette inversion est plus facile dans les végétaux morts, dans ces flacons à parois perméables que dans un flacon de verre à parois absolument imperméables. L'air peut être absorbé par les premiers et pris en *dissolution* dans le jus sucré. Dans les flacons de verre il peut être évité, de la façon la plus

Digitized by Google

absolue. Son action, celle de l'oxygène, est très-grande : le sucre donne promptement des acides hexénique, hexépique, monédique (formique), etc. — Ces effets peuvent être accompagnés par d'autres encore plus fâcheux ; les nombreux éléments du *non-sucre* sont, pour la plupart, très-altérables ; l'oxygène les modifie et décompose profondément les tissus organiques qui en font partie.

Le temps nécessaire à ces altérations n'est pas très-grand ; chaque instant correspond à un effet peu intense, mais continu, d'autant plus prononcé, d'ailleurs, que la température est plus haute, les influences électriques plus vives et la lumière solaire plus directe.

Un petit nombre de corps peuvent empêcher ces altérations, malgré tous les obstacles : nous avons cité le mémoire où ils sont indiqués ; voici les principaux :

16^{gr}.365 de sucre, mis à 100 centimètres cubes, ont donné les déviations polarimétriques suivantes :

	A l'origine.	Après			
		96 jours.	150 jours.	263 jours.	528 jours.
Eau distillée.....	23.88 ↗	17.28	»	7.80	»
Chlorure de zinc	22.32 ↗	22.27	»	22.28	»
— de calcium.....	22.34 ↗	22.22	»	22.28	»
— de mercure.....	22.03 ↗	22	»	»	22.10
Azotate de zinc	22.01 ↗	»	22.10	»	22.20
Bicarbonate de potasse.	20.88 ↗	»	21.00	»	20.00
Créosote (une goutte)...	22.03 ↗	»	22.10	»	22.20

Aucun de ces corps, et aucun de ceux dont l'action préservatrice pourrait encore être découverte, ne peut cependant être comparé à la chaux, surtout au point de vue de l'économie. Deux ou trois centièmes de chaux suffisent, au moins pour une année ; leur prix est insignifiant ; 3 kilogrammes de chaux valent en moyenne 6 centimes et sont capables de préserver, absolument, un hectolitre.

Les jus ainsi chaulés, même à 5/100, conservés pendant plusieurs années, ne m'ont jamais offert une altération quelconque du sucre. On en a la preuve de plusieurs manières : 1° par le saccharimètre, 2° par la quantité de chaux restée dans le jus après la carbonatation.

Digitized by Google

Voici quelques résultats observés à ce double point de vue : 1° par le saccharimètre :

		CaO p. 100.	Densité.	Septembre. 1853	Octobre. 1854	Octobre. 1855	Octobre. 1862
1.	Jus de betterave blanche.	5	1054	62° ↗	62° ↗	62° ↗	62° ↗
2.	— —	5	1060	67	67	67	67
3.	— —	5	1056	62	62	62	62
4.	— —	3	1049	59	59	59	58.5
5.	— —	3	1067	68	68	68	68.5
6.	— —	5	1062	66	66	66	66
7.	— —	5	1054	63	63.5	63	63
8.	— —	2.5	1052	62	62	62.5	62.5
9.	— —	3	1048	60	60	60	»
10.	— —	3	1055	62	62	62	»
11.	— rouge..	3	1052	59	59.5	59	59
				1866	1867	1869	1874
12.	Jus de betterave blanche.	5	1056	61	61.5	61.5	61
13.	— —	5	1062	62	62	62	62
14.	— —	3	1053	60.5	60.5	60.5	61
15.	— —	3	1057	61	61	61.5	61

Tels sont les chiffres observés, immédiatement après carbonatation au 1/2000, filtration et addition de quelques gouttes d'acide diédique (acétique).

Les résultats contenus dans ce tableau ont été obtenus en isolant le jus de son dépôt après vingt-quatre heures de contact, vingt-quatre heures pendant lesquelles on fit trois agitations très-vives.

Lorsqu'on laisse le jus toujours en contact avec son dépôt, dont la chaux forme la majeure partie, on observe des différences peu accentuées, mais sensibles et croissantes, pendant tout le temps de la conservation. La chaux est dissoute par le sucre inverti et les matières azotées, de plus en plus modifiées ; elle augmente le volume du non-sucre, d'une quantité appréciable, après six ou sept ans de conservation, et rend alors la teneur relative en sucre normal un peu plus faible ; toutefois cet affaiblissement ne dépasse pas un demi-degré saccharimétrique et pourrait être mis en doute. Je l'admets, plutôt parce que le raisonnement l'explique et le rend plausible, que par suite d'une démonstration expérimentale.

Les jus conservés un an, soit en dehors du contact d'un excès de

Digitized by Google

chaux, soit avec ce contact, ne présentent jamais une proportion bien appréciable de sels calcaires solubles, formés par les matières organiques, azotées ou non; cette proportion est d'autant plus faible que les betteraves étaient plus saines, plus exemptes de meurtrissures, de parties noires, etc. Les sels dont nous parlons ont un goût très-désagréable et nuisent, très-sensiblement, à la qualité des sucres vendus bruts et jugés en raison de leur goût. Ce n'est qu'au bout de plusieurs années de conservation que la proportion de ces mauvais sels devient notable, et je dois signaler cette circonstance puisqu'elle serait fâcheuse; heureusement elle est sans importance, parce que jamais la conservation pendant plus d'une année ne serait utile (1).

2° *Amélioration progressive des jus.* — Évidemment cette amélioration n'est pas contestable, la chaux est un alcali puissant; d'une part elle agit sur les matières organiques, et en opère la combustion lente avec production d'acides (auxquels son union est complète si les sels possibles sont insolubles) et d'ammoniaque qui se dégage; d'autre part elle décompose une partie des sels de potasse et de soude, pour former d'autres sels calcaires insolubles, avec mise en liberté des bases; enfin elle remplace les sels ammoniacaux par des sels calcaires en partie insolubles. Ce dernier effet se produit immédiatement, dans un temps très-court, et ne se renouvelle plus; les autres sont au contraire lents, continus et plus ou moins intenses. L'explication de ces derniers, qui sont les principaux éléments de la défécation, repose tout entière sur ma Théorie générale et a été donnée § 252 et suivants. Je citerai pour eux un nouvel exemple, celui de la *tétrazéfine* (asparagine). Avec la chaux, $CaO(HO)^3$, cette substance donne :

[M] $$n = \frac{132}{55} = 2.40 = \frac{24}{10} = \frac{12}{5}$$

$$12\,CaO(HO)^3 + 5\,C^8H^8Az^2O^6 = 5\,C^8H^4O^8(CaO)^2 + 10\,H^3Az + 2\,CaO(HO)^3 + 20\,HO,$$

c'est-à-dire du *tétrabéjiate* (malate) de chaux.

(1) Je regrette qu'un auteur estimable, Basset, dans une appréciation d'ailleurs très-favorable, m'adresse le reproche de proposer mon procédé « *sans se soucier de la question des pulpes* », etc. Il m'est vraiment impossible de comprendre une telle erreur. Les pulpes peuvent être conservées; j'en ai indiqué le moyen et j'y suis revenu plusieurs fois, en 1857 même, dans les discussions que j'ai dû soutenir et qu'on retrouverait dans le *Journal des fabricants de sucre.*

Digitized by Google

Ce sel peut devenir, à son tour, par une action du même genre, sel d'un acide à équivalent moins élevé, etc.

La chaux, neutralisée peu à peu sous ces conditions, laisse diminuer l'alcalinité du liquide et il est facile de constater ce résultat dans les jus clairs séparés de l'excès de chaux qu'ils ne peuvent dissoudre au premier moment. Le trouble formé dans ces jus n'est pas trés-abondant, en général; mais la diminution du titre alcalin est de plus en plus sensible.

J'ai trouvé les nombres suivants :

Densité des jus après chaulage.	Titre alcalin (CaO en grammes)			
	immédiat.	après 6 mois.	après 9 mois.	après 12 mois.
1061	21.08	20.64	18.72	15.06
1070	23.17	22.45	20.19	16.12
1044	20.43	20.02	18.91	16.37
1049	20.22	19.89	18.75	15.96

Beaucoup d'autres analyses ont donné des résultats très-analogues.

Lorsque les jus sont conservés avec l'excès de chaux, il est clair que la même étude ne peut plus être faite; la défécation est rendue manifeste seulement par l'augmentation de la quantité du dépôt et la présence des sels calcaires insolubles, organiques et minéraux.

3° *Économie.* — Elle est très-grande, malgré les dépenses nécessitées par le système.

Considérons d'abord ces dépenses.

Aujourd'hui je n'ai plus à compter une dépense dont on pouvait tirer autrefois un argument valable, celle d'un matériel de râpage supplémentaire. Les râperies sont nombreuses et, pour les fabriques qui en possèdent, pour celles-là au moins, le matériel est établi, *dans un but plus ou moins utile.* Pour les fabriques sans râperies, on devra en établir et nous les porterons en compte.

Je supposerai, comme base, une fabrication au moyen du jus de 100,000 kilogrammes de betteraves par jour. La maturité peut être atteinte par les racines, de champs divers, en quinze jours ou trois semaines; il n'est pas rigoureusement nécessaire de tenir à la maturité absolue, trop difficile, au reste, à bien saisir. On peut donc

Digitized by Google

arracher un peu avant, ou un peu après, surtout après, dans une période de six semaines, soit trente-six jours. En ce temps il faut recueillir 100,000 kilogrammes pour trois cents jours de travail ou 30 millions de kilogrammes de betteraves. C'est une fabrication moyenne, bonne à faire encore aujourd'hui, mais dont les hommes prudents ne dépasseront plus la limite. C'est donc un peu moins d'un million de kilogrammes à récolter, ou plutôt à râper, chaque jour (833,333 kilogrammes); quatre râperies, y compris celle de la fabrique, peuvent suffire. — Ce n'est pas, on le voit, une bien grosse dépense supplémentaire.

Nous admettrons, pour ce supplément, trois râperies de 80,000 francs chacune, soit 240,000 francs.

La grosse dépense est celle des citernes. Pour conserver le jus de 30 millions de kilogrammes, c'est-à-dire à peu près 240,000 hectolitres, il faut, dans le système représenté page 215, vingt-six citernes, représentant ensemble, terrain compris :

Au maximum, *huit cent mille francs*,
Au minimum, *deux cent cinquante mille francs*.

Le maximum est relatif aux constructions en pierres de taille, meulière, ciment romain, etc.; le minimum aux constructions en briques, si peu coûteuses dans le Nord, dans la principale région sucrière.

Les jus peuvent être conservés avec 3/100 de chaux, je puis ne pas parler de cette dépense, faite aujourd'hui dans des conditions beaucoup moins utiles (parfois désavantageuses).

Une dépense qui mérite d'être notée est celle de gazomètres pour recueillir l'acide carbonique, d'après mon conseil de 1856, et par la méthode indiquée § 827. Cette dépense atteint 10 à 12 mille francs. Les machines et pompes à gaz devant être beaucoup moins puissantes, la diminution de leur prix compenserait et au delà cette acquisition de gazomètres.

Outre, les dépenses proprement dites, le système annulle presque complétement un gain notable : celui de la vente des mélasses. Pour les quantités dont nous nous occupons, la production

Digitized by Google

de mélasse atteindrait actuellement 150 000 kilogrammes, c'est un gain de 60 000 francs qui se trouve annulé.

Nous avons donc comme bilan des dépenses :

1° Trois râperies.....	240.000
2° Citernes maximum.....	800.000
	1.040.000
Dont l'intérêt et l'amortissement sont.....	104.000
3° Mélasse en moins.....	60.000
Dépenses annuelles.....	164.000

La question est maintenant de savoir comment ces dépenses sont couvertes.

Il est facile de s'en rendre compte :

Au lieu de produire seulement 5/100 de sucre, on en obtiendra très-aisément 7/100, c'est-à-dire un excédant de 600 000 kilogrammes qui, à 60 centimes, représentent 360 000 francs.

On diminuera la dépense du noir d'au moins 60 000 francs, achat, combustible, acides, main-d'œuvre, tout compté. La main-d'œuvre des silos sera diminuée d'environ 25,000 francs, soit au total 445 000 francs.

Bénéfices nouveaux.....	445.000
Dépenses nouvelles.....	164.000
Bénéfice réel.....	281.000

Ces bénéfices ne sont pas les seuls : on comprend aisément l'impossibilité de compter en chiffres d'autres avantages, pourtant très-positifs; la facilité du travail sera toujours la même d'un bout à l'autre de l'année; la vente ne subira aucune pression de la part des raffineries, le fabricant n'ayant plus à se presser de travailler ses betteraves menacées continuellement, dans le système ordinaire, d'une destruction souvent totale.

Une difficulté financière mérite seule un instant d'examen. Les provisions de betteraves doivent être faites dans un laps de temps assez court, aujourd'hui. Conserver les jus et ne travailler ces derniers qu'au bout de douze mois, c'est grever la caisse d'un intérêt assez lourd. Admettons six mois pour le terme actuel, on rentre

Digitized by Google

dans ses fonds à peu près dans le même temps. Dans le système de conservation la vente serait retardée de six mois pour la moitié des betteraves, ou à bien peu près 15 millions de betteraves représentant 300000 francs. L'intérêt pendant six mois ne dépasse pas 15000 francs. Ce serait à ajouter aux dépenses si l'on ne pouvait changer les conditions de payement, ce qui est une simple question financière facile à résoudre.

1072. *Osmose.* — Voici un procédé dont je pourrais me dispenser de donner les détails, tant les résultats laissent à désirer, si le nom de l'auteur et surtout le désir de présenter à mes lecteurs le tableau le plus complet possible de l'industrie sucrière ne m'imposaient l'obligation de le résumer le plus brièvement possible.

On a vu, § 491 et suivants, en quoi consiste l'osmose. La magnifique découverte de Dutrochet, les développements que Graham a essayé de lui donner ne peuvent manquer de rendre service à l'industrie, dans un avenir prochain. Dubrunfaut, avec la louable ardeur qu'il a toujours montrée pour le développement de l'industrie sucrière, a profité de l'invention du *papier parchemin* pour appliquer l'osmose à la décomposition des mélasses en deux parties; l'une, plus riche en sucre et plus pauvre en sels, et l'autre, par conséquent, très-saline et peu sucrée. La première, soumise à une évaporation et une cuite nouvelles, devait fournir une nouvelle quantité de sucre en grains.

Théoriquement cette idée paraît très-juste; mais il faut bien conclure des expériences que j'ai faites, et dont j'ai rapporté les principales, § 497, art. IV et suivants, que la théorie, fondée sur les expériences de Graham, n'est pas confirmée par l'expérience.

Dubrunfaut n'a certainement pas mis en doute les expériences de Graham; il n'a fait (ou du moins fait connaître) aucune expérience contradictoire : il s'est borné, tout simplement, à profiter de la découverte du *papier parchemin*, récemment faite par Figuier et Poumarède (1), pour essayer d'appliquer à l'industrie les résultats

(1) *Pharmaceutical Journal*, nov. 1858. — *J. de P.* [3], XXXV, 120 et 450 — *Comptes rendus*, LXXX, 1105.

Digitized by Google

des recherches de Dutrochet et Graham. A l'aide du papier parchemin, il est facile de construire des appareils de grande dimension très-capables d'*osmoser* ou *dialyser*, en un jour, des centaines d'hectolitres de mélasse. Dubrunfaut s'est empressé de construire ces appareils et, sous le nom d'*osmogènes*, il en fit essayer plusieurs. Voici les dispositions qu'il a imaginées et qui ont été peu modifiées depuis le premier brevet.

L'osmogène est une caisse rectangulaire (fig. 217 et fig. 218). Les parois extérieures sont en bois ; on les assemble, avec serrage, au moyen de cadres métalliques II traversés par des boulons à tête et écrou D,D,D. Entre les parois sont logés 40 à 50 cadres en bois, portant chacun une feuille de papier parchemin sur une face, et un cadre de caoutchouc sur l'autre face. L'assemblage de ces cadres et le serrage des boulons permettent d'obtenir une série de 50 compartiments, bien étanches. A la partie supérieure, les cadres sont percés de quatre trous bien exactement écartés des mêmes distances et formant, après l'assemblage, quatre tubes, dont deux servent à distribuer la mélasse dans 25 compartiments, de deux en deux, et les deux autres à distribuer, de la même manière, de l'eau pure dans les 25 autres compartiments. La distribution est faite, on le conçoit, par de petites gouttières creusées dans le bois des cadres, perpendiculairement aux trous tubaires, de deux en deux cadres de numéros (pairs), pour la mélasse, et de deux en deux (impairs) pour l'eau. Des trous tubaires et des gouttières semblables sont percés dans la traverse inférieure de chaque cadre et servent, 25 à la sortie de la mélasse osmosée, 25 à celle de l'eau.

La dissolution de mélasse est amenée par un tuyau B sur lequel est ajustée la prise verticale ASUP, munie d'un robinet à cadran A ; pour obtenir une distribution régulière. L'eau pure est amenée par un deuxième tuyau tout semblable conduisant à A'. On règle soigneusement les cadrans pour donner les arrivées bien égales, tenir l'eau et la mélasse au même niveau, entre les feuilles de papier parchemin, dont la déchirure serait facile sans cette précaution. Peu à peu la solution de mélasse, montant de VM en KH, déverse dans l'éprouvette V, où un densimètre reste en permanence, et

Digitized by Google

tombe dans un caniveau F qui la conduit à un bac d'attente. En même temps l'eau pure du tube A' est descendue dans ses 25 com-

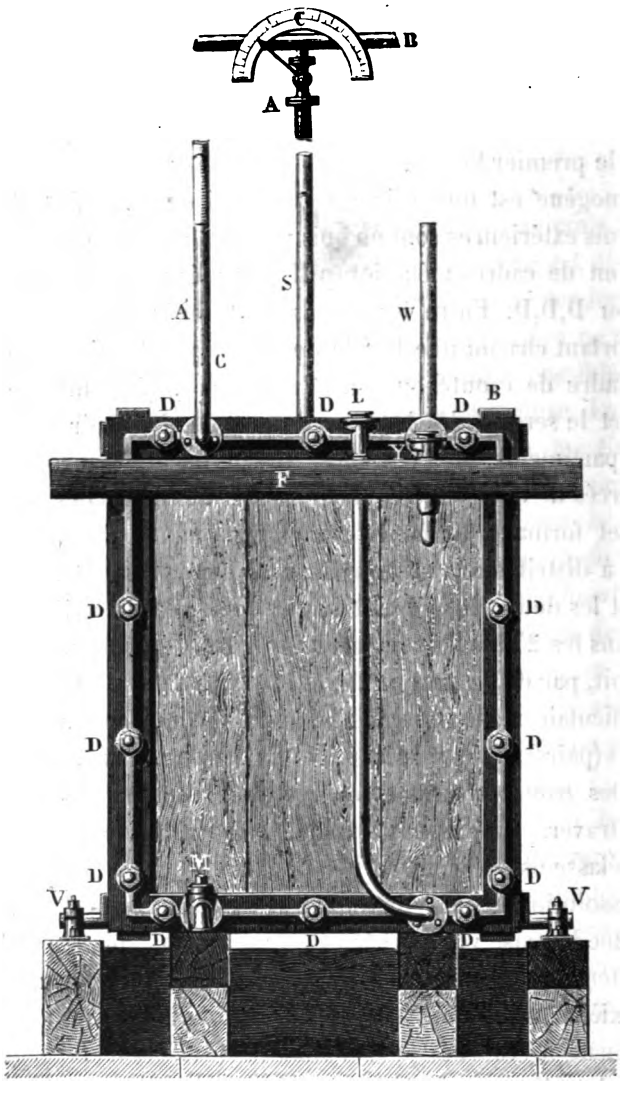


Fig. 217.

partiments, et atteint de M en L une autre éprouvette L, aussi munie d'un densimètre et d'un déversoir qui la dirige dans un deuxième

Digitized by Google

caniveau G, d'où elle est menée vers une cour, où elle est abandonnée, si la densité en est faible ; où elle est reçue dans des bacs spéciaux, si la richesse saline en est assez grande pour mériter l'évaporation. Une fois en train, le fonctionnement de l'appareil est simple :

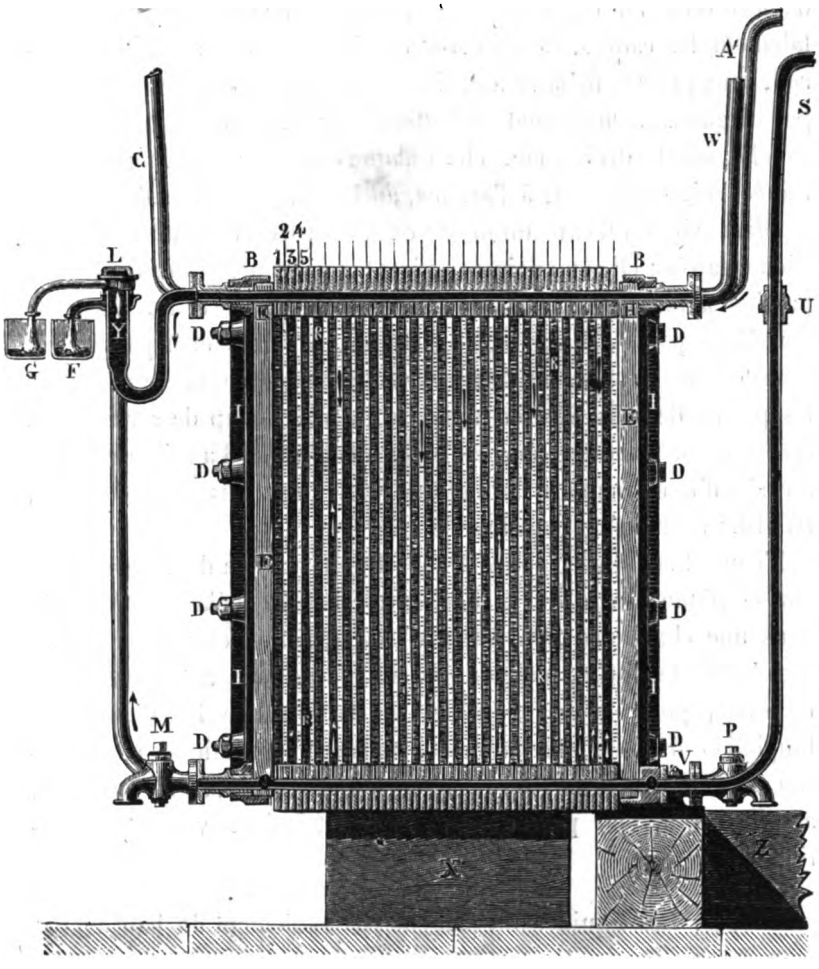


FIG. 218.

les cadrans sont réglés de manière à produire l'écoulement convenable des deux liquides, avec une densité fixée d'avance pour chacun d'eux suivant le résultat comparé de leurs analyses. Des tuyaux

Digitized by Google

C,W (1) laissent un dégagement facile aux gaz, plus ou moins atmosphériques, contenus souvent dans les eaux communes les plus pures, ou les solutions de mélasse, même après les avoir fait bouillir. Le montage de l'osmogène n'est pas sans difficulté : d'abord on le fait culbuter autour de l'axe VV pour mettre horizontalement les cadres. Ceux-ci sont empilés des deux côtés de l'appareil, ceux pour la mélasse à droite, par exemple, et ceux pour l'eau pure à gauche. On les met en batterie par un de droite, puis un de gauche, un de droite, etc., etc. Chaque cadre reçoit sa feuille examinée soigneusement, à l'avance, après trempage dans l'eau pure, pendant vingt à trente minutes ; on les regarde devant une fenêtre bien éclairée ; elles ne doivent présenter ni trous, ni déchirures, ni parties faibles (2). Tous les cadres mis en place, on ajuste la deuxième paroi EE ; on loge les boulons DD dans leurs passages et on serre les écrous, puis on relève l'osmogène et on le cale avec les pièces de bois XX. On donne un dernier coup de serrage aux écrous et on mastique tous les joints au minium. La caisse est ainsi fermée d'une manière hermétique. On ajuste les tubes W, UV, DY, DL ; l'osmogène peut fonctionner.

L'eau est soumise d'abord à l'ébullition, pour la débarrasser des gaz et d'une partie du carbonate calcaire. La mélasse est délayée dans une chaudière avec assez d'eau bouillie pour l'amener au degré 38 (densim.) ; on y ajoute un peu de carbonate de soude et de sang, puis on fait bouillir ; après écumage la solution est limpide et disposée pour l'osmose. Sans ces précautions, elle pourrait couvrir les feuilles de l'osmomètre d'un dépôt très-nuisible, assez pour arrêter presque complétement les mouvements osmotiques.

1073. Les liquides ne passent pas seulement du haut en bas

(1) C en avant de A', figure 217.

(2) Le papier parchemin est préparé d'une manière remarquable : on trempe du papier non collé, un peu épais, dans un acide sulfurique faible, à 4 équivalents d'eau ou à peu près 60 degrés densimétriques (2 parties d'acide à 84 degrés et 1 d'eau), une heure de séjour.

Digitized by Google

des compartiments en une seule voie ; chaque cadre porte des traverses disposées *en chicane*, pour les obliger non pas à parcourir un chemin plus long, ce qui n'aurait aucun avantage, pour une même vitesse de sortie, mais à subir un mélange plus parfait de leurs éléments constitutifs et rendre l'osmose plus régulière.

1074. La mélasse mégosmosée, l'eau de microsmose qui remplissent l'appareil sont enlevées, après chaque opération, par les robinets M et P, qui doivent être ouverts avec précaution de la quantité nécessaire à l'écoulement simultané des deux liquides ; aucune pression ne doit être établie sur les feuilles de papier parchemin, surtout après un temps de service un peu long et l'affaiblissement inévitable qui en résulte.

Les feuilles peuvent servir au maximum quinze jours : en général toute leur puissance osmotique a disparu avant ce terme et il faut les renouveler tous les dix ou douze jours.

Une expérience m'a prouvé tout le danger du séjour de l'eau sucrée dans l'osmomètre. Du jus de betterave (ou de carotte) versé dans un osmomètre à papier parchemin (fig. 66) avec de l'eau distillée sous l'autre face donne, en vingt-quatre heures, par microsmose dans l'eau, une substance incolore qui, en vingt-quatre à quarante-huit heures de plus, suivant la température, devient une masse glaireuse, filante, parfaitement incolore, accompagnée seulement d'une petite quantité de sels alcalins et de sucre. — Je crois que cette matière est le *mucilage* pur observé dans une foule de produits végétaux, plus ou moins fermentés, dans les jus visqueux, les vins filants, etc.

Quelle règle doit-on suivre maintenant ? Rien de plus difficile à fixer. En principe on a cru pouvoir affirmer que plus la mélasse est osmosée, plus le rapport du sucre aux sels devient grand, plus cette mélasse osmosée devient apte à fournir du sucre en grains par une cuisson nouvelle. Mais, outre la nécessité de ne pas pousser trop loin l'osmose, pour n'avoir pas une trop forte évaporation à produire, il faut le répéter, le principe est mal justifié par l'expérience. Après l'osmose simple, Dubrunfaut recommande l'osmose calcique.

Digitized by Google

Au lieu de mélasse en nature, déjà plus ou moins osmosée, on soumet au dernier travail cette mélasse saturée de chaux ; on doit prolonger l'osmose de ce liquide très-alcalin jusqu'à ce que l'eau de microsmose contienne 0,5 ou 0,6 de sucre pour 1 de sel. — J'ai eu sous les yeux le tableau des résultats obtenus, m'a-t-on dit, dans ce système. Les voici :

Osmose à froid. Mélasse de deuxième jet, cuite à 41 degrés (densim.)

	Sucre.	Cendre.	Coefficient de pureté.	
Mélasse.....	62.947	9.700	6.48	
Eau microsmose.....	3.237	3.726	0.86	
Mélasse mégosmose 14°.....	59.710	5.974	9.99	osmose
2e eau microsmose.....	6.057	2.070	2.92	simple.
2e mélasse mégosmose 7°.4...	53.653	3.904	13.74	
3e eau microsmose.....	2.571	1.338	1.91	osmose
3e mélasse mégosmose.....	51.082	2.566	19.90	calcique.

L'élévation du coefficient est de 1 à 2. La troisième mélasse obtenue peut donner par la cuite une certaine quantité de sucre et l'on affirme avoir extrait de la mélasse primitive 35 kilog. de sucre, à très-peu près, au lieu des 16 ou 17 que l'on obtiendrait par le travail ordinaire. D'ailleurs les eaux de microsmose, passées au triple effet, donneraient une mélasse très-saline, où le refroidissement fait déposer des sels facilement vendables à 35 fr. les 100 kilog.

J'ai de la peine à admettre ces assertions, même pour un second jet, en raison des nombreuses expériences dont j'ai rapporté les principales § 497 ; malgré tous mes soins, jamais je n'ai eu de résultats aussi favorables, à beaucoup près. Il existe d'ailleurs une confirmation indéniable de l'accord de mes résultats avec ceux des fabriques où l'osmose a été pratiquée longtemps. L'une d'entre elles, où l'espérance du succès a fait prolonger le travail, d'une manière continue, pendant douze années, n'a pu supporter plus longtemps le déficit causé par ce travail et a démonté ses osmogènes.

Des essais nouveaux sont entrepris chaque année, en France et au dehors. Les résultats ne paraissent pas devenir meilleurs. Une publication récente a fait connaître ceux du travail dans une sucre-

Digitized by Google

rie de Belgique. « On a marché avec vingt osmogènes ; on prenait le titre en sucre par le densimètre et la polarisation, et on déduisait le coefficient de pureté. La comparaison des coefficients, avant et après l'osmose, donnait la mesure de sa puissance. La différence a oscillé entre 5 et 7. La première indique déjà un bon travail. La température de l'eau et de la mélasse est à peu près indifférente : le travail est un peu plus lent au-dessous de 50 degrés.

» Les effets n'ont pas été réguliers : tantôt la mélasse osmosée cuit bien et donne du grain ; tantôt on n'obtient ni l'un ni l'autre résultat. Une mélasse cuisant bien et une cuisant mal furent envoyées à Dubrunfaut ; ses analyses donnèrent :

	Chaux.
Mélasse cuisant bien.....	0.524
Mélasse cuisant mal.....	0.570

et ce savant attribue de l'importance à la différence 0,046 en plus dans la dernière. Il a écrit dans sa réponse : « Le remède est heureu- » sement connu et facile à pratiquer : c'est le traitement sodique. » Mais, observe le publiciste, il nous parut illogique de vouloir introduire un agent mélassigène puissant dans les mélasses en vue de faciliter le travail d'épuration. Et ensuite comment la chaux serait-elle précipitée ? Au reste la pratique a montré, dans deux fabriques, le travail aussi mauvais avec la soude que sans cet alcali.

» Le raisonnement nous conduisit à essayer un traitement contraire ; l'acide chlorhydrique a été mis en usage. Nous considérons, avec Margueritte, que la cause principale des cuites et des cristallisations difficiles gît dans la présence de sels à acides organiques. Or ces sels peuvent être transformés par l'action des acides minéraux, et entre tous de l'acide chlorhydrique. La cuite acide dans le vide élimine toute la partie volatile des acides organiques : les chlorures formés peuvent être séparés par osmose. Par ce traitement, nous avons obtenu des cuites et des cristallisations excellentes. »

A ce résumé, que je donne presque textuellement, je pourrais en joindre beaucoup d'autres semblables, ou en citer de moins défa-

Digitized by Google

vorables, mais soutenant mal la discussion. Je conclus donc, avec regret, que l'osmose n'a pu tenir, jusqu'à présent, ses promesses. Qu'on ait bien compris son application, je ne le crois pas ; la mélasse, ou même les sirops des premiers jets, sont des matières très-complexes ; on n'a pas encore trouvé le moyen de les osmoser convenablement. La loi de Graham sur la séparation des cristalloïdes et des colloïdes n'est aucunement vérifiée en pareil cas ; les uns et les autres passent dans l'eau de microsmose et il serait de la plus complète impossibilité de trouver la règle de leur passage. Il faut des études nouvelles.

Walkhoff, dont l'impartialité ne se dément jamais, a donné les détails d'expériences faites en France (chez Tilloy, à Courrières, sous la direction immédiate de Dubrunfaut) et en Allemagne, près Magdebourg. La mélasse osmosée paraît avoir donné 15/100 de sucre en grains, après une osmose de 38 à 9 degrés (densim.). Dans la mélasse osmosée d'Allemagne le sucre avait été réduit de 43.500 à 25.250. Les sels de potasse et soude qui étaient d'abord 9.611 et seraient devenus 5.579, en suivant le rapport du sucre, n'ont pas dépassé 4.720 ; ils avaient diminué de 0.859. Les matières organiques, du poids primitif 18.941, se seraient trouvé réduites à 10.995, suivant le rapport du sucre. Elles n'ont pas dépassé 10.646 et avaient diminué de 0.349. — C'est bien peu.

L'eau de microsmose marquait 4 degrés ; elle contenait :

Sucre	2.083	8.547
Sels de KO et NaO	2.663	
Sels de CaO	0.081	
Matières organiques	3.720	
Eau		91.453
		100.000

Ainsi la perte en sucre est très-notable. Elle est d'ailleurs augmentée de celle de l'inverti dont on ne parle pas, et qui se trouve dans les 3.720 de matières organiques. Les données fournies à Courrières sur la dépense étaient pour 1000 kilog. de mélasse :

Digitized by Google

Papier parchemin	2.04
Combustible	12.60
Défécation et clarification	10.80
Noir	4.80
Turbinage du sucre	2.04
Main-d'œuvre	2.40
	34.68

pour obtenir 150 kilog. de sucre d'une nuance assez foncée. Walkhoff termine en disant :

« Si l'on tient compte de la valeur des mélasses, le bénéfice résultant de l'osmose est généralement assez faible et ne représente guère que les droits de brevet, si l'on n'utilise pas les eaux de microsmose. Nous ajouterons d'ailleurs, en ce qui concerne la question spéciale du brevet, que l'action de l'osmose sur la mélasse était déjà connue; elle avait été étudiée et mise en pratique à la distillerie de Halle, chez M. Hauy, qui obtenait ainsi 15/100 de sucre. On connaissait également l'emploi du parchemin tendu sur les cadres pour remplacer les membranes animales. Il ne resterait donc de réellement nouveau que la disposition, d'ailleurs très-ingénieuse, de l'appareil. »

Il faut l'avouer, on ne trouve aucun argument solide contraire à cette conclusion dans aucun des sept mémoires publiés par Dubrunfaut, sous le titre beaucoup trop emphatique de *Bulletin de l'osmose*. Ces *bulletins* n'ont jamais été, comme ceux de la Grande Armée, des bulletins de victoire, et vraiment la science, même la plus sérieuse, n'a rien d'utile à chercher dans des formes si pompeuses; à plus forte raison l'application d'une *science* très-imparfaite encore doit-elle se contenter de titres plus modestes.

1078. Walkhoff a fait des expériences relatives à la température; il a obtenu sur 100 de chaque matière :

Température.	Sucre.	Matières organiques.	Sels.
De + 16° à 18° cent.	92.0	87.5	82.3
38° à 40°	79.3	72.7	66.1
44° à 46°	76.2	71.6	61.8
60° à 62°	70.3	48.7	53.6

Digitized by Google

c'est-à-dire qu'il avait été pris par l'eau de microsmose :

Température.	Sucre.	Matières organiques.	Sels.
De + 16° à 18° cent.	8.0	12.2	17.7
38° à 40°	20.7	27.3	33.9
44° à 46°	23.8	28.4	38.2
60° à 62°	29.7	51.3	46.4

Ainsi la chaleur favorise l'osmose, mais non l'augmentation du coefficient. Le travail marche plus vite, mais il coûte beaucoup plus cher, les feuilles résistant beaucoup moins au travail des liquides chauds.

PROCÉDÉ D'INVERSION

1076. Nous avons, la maison Cail et moi, proposé la fabrication d'un nouveau sucre, l'INVERTI, plus sucrant que le sucre normal.

J'ai déjà fait allusion à ce procédé dans le § 1020; je vais maintenant le décrire avec tout le soin nécessaire.

Le procédé d'inversion est fondé sur la remarque, déjà ancienne, d'une augmentation notable de la puissance sucrante après l'inversion. En parlant de l'action des acides sur le sucre normal, Bouchardat écrivait en 1835 : « Ainsi voilà un premier fait bien constaté : » les acides, avant de transformer le sucre de canne en sucre de » raisin, le transforment en un sucre incristallisable produisant » une SENSATION SUCRÉE PLUS INTENSE que celle du sucre de » canne » (1).

La même assertion est répétée par feu Thenard (2) : « Le sucre » incristallisable a une saveur au moins aussi douce que le sucre » cristallisé. »

Je n'avais pas été frappé de cette remarque avant mes études du sucre inverti; mais bientôt cette vérité me devint familière et me conduisit à la pensée de remplacer en partie le sucre normal par le sucre inverti. Des études spéciales nous prouvèrent, à la maison

(1) *Journ. de pharm.* [2], XXI, 625

(2) *Traité de chimie*, IV, p. 347, 6e édition.

Digitized by Google

Cail et à moi, la grande utilité de ce remplacement pour lequel nous avons breveté la méthode suivante :

1077. « Le sucre inverti (ou interverti), caractérisé principalement par l'inversion rotatoire qui porte les 100 degrés à droite, du sucre ordinaire primitif (dissout à raison de 163^{gr},5 dans l'eau pure au volume total de 1 litre) jusqu'à 38 degrés à gauche, est un corps véritablement identique au sucre dit de fruits, de raisin, etc. Il peut remplacer le sucre normal dans un très-grand nombre de cas.

» Par exemple, la fabrication des confitures, des sirops de fruits, des conserves de toute espèce, peut être faite avantageusement avec le sucre inverti, parce que le sucre ordinaire employé dans ces produits éprouve, en un temps plus ou moins long, l'inversion même, dont il est par conséquent préférable de lui faire subir l'effet à l'avance. En effet, cette inversion effectuée avec le temps, dans les objets qui nous occupent, entraîne d'autres modifications de ces objets qui sont presque toujours fâcheuses, dans les sirops surtout; elles consistent en fermentations de genres divers, productions de moisissures, etc., etc. On les évite en employant le sucre inverti d'avance ; tout produit fait avec ce sucre demeure stable et conserve ses propriétés du premier jour.

» L'inversion peut être produite dans les fabriques de sucre : après avoir extrait des masses cuites de premier jet, par exemple, tout le sucre en grains qu'elles peuvent fournir, on ne cherche plus à cuire le sirop d'égouttage pour faire des deuxièmes, troisièmes jets, etc. On soumet ce sirop à l'inversion, et on le transforme tout entier en sucre inverti dont on opère la concentration dans les appareils pour le vide, ou autres appareils de concentration. On obtient ainsi le sucre inverti, tantôt en sirop de D=1320 ou 32 degrés densimétriques — (ces degrés sont ceux dont on fait usage dans les fabriques pour la prise en charge ; on compte comme unités les centièmes en sus de la densité de l'eau ; le jus est à 3, 4, 5 degrés quand sa densité est 103, 104, 105) — tantôt en masse presque solide, d'une densité plus ou moins grande, jusqu'à 45 degrés et au delà.

» L'une des applications les plus utiles du sucre inverti est son

Digitized by Google

introduction dans les vins, notamment dans les vins de Champagne et les autres vins mousseux où il donne une saveur de raisin très-franche au lieu du goût de candi que le sucre normal donne à ces vins, et où il évite en outre les modifications dont nous parlions tout à l'heure, ce qui est, en pareil cas, de la plus extrême importance.

» La matière première employée pour faire le sucre inverti varie avec la qualité du produit auquel ce sucre est destiné. Pour les vins fins, les sirops, etc., il est bon d'employer des sucres raffinés, des poudres blanches n°s 1, 2, 3 et au-dessus; pour les confitures, on peut se contenter des sirops d'égouttage de premier jet, ou même de second, de troisième, etc. Le sucre inverti obtenu peut être plus ou moins pur de nuance, de matières salines, etc., suivant sa destination.

» Dans le nouveau système de travail que nous désirons breveter, l'inversion peut être déterminée par tous les procédés et agents capables de la produire; tantôt nous l'obtenons au moyen de l'acide chlorhydrique à la dose de 1 ou plusieurs millièmes, au moins, et nous enlevons l'acide par l'oxyde d'argent en très-petit excès. Ce petit excès est enlevé, à son tour, par une addition de solution aqueuse d'acide sulfhydrique, qui donne de l'eau et du sulfure d'argent; on sépare celui-ci par le filtre (les filtres-presses, ou tout autre moyen convenable), et on fait évaporer d'abord à l'air, pour dissiper l'excès d'acide sulfhydrique, puis, dans le vide, pour opérer la cuisson.

» Tantôt nous opérons avec l'acide sulfurique : on l'enlève, après l'inversion, par le carbonate de baryte, etc.; au besoin, on emploie du noir.

» Tantôt enfin, nous employons d'autres acides.

» Il est bien clair que tout moyen de produire l'inversion, même sans acides, par la seule ébullition avec l'eau, par exemple, ou par la seule action de la chaleur, tout moyen quelconque, en un mot, d'y arriver, nous est permis; le privilége que nous réclamons consistant essentiellement dans un mode de traitement des matières saccharines pour obtenir directement, par l'application du sucre

Digitized by Google

inverti, des produits qui remplacent avantageusement, au point de vue de la fabrication et des intérêts commerciaux, les divers produits obtenus par les procédés de fabrication actuellement en usage. »

1078. La transformation du normal en inverti doit être effectuée dans des chaudières (de défécation, § 815) étamées à l'étain fin, ou même argentées. On fait dissoudre le sucre dans l'eau, quatre fois son poids, on ajoute 1 ou 2 millièmes d'acide sulfurique à 84 degrés (densim.), soit 1 kil. par 10 hectol., et on porte au bouillon pendant le temps strictement nécessaire pour obtenir le maximum de rotation à gauche, (38° ↖ d'après Biot, 42° d'après moi) ; il est bon de ne pas dépasser le terme, ce que le *cuiseur* apprend à faire en peu de temps. Ce point obtenu, on arrête la vapeur et on fait couler la solution d'inverti dans une seconde chaudière semblable pour opérer la neutralisation (1). On ajoute du carbonate de baryte naturel en poudre impalpable ; une agitation vive, aidée de la chaleur, le change en sulfate absolument insoluble et prompt à se déposer. On fait passer le liquide au filtre-presse, et il suffit d'une seule concentration, dans le triple effet ou la cuite, pour obtenir un sirop limpide, très-peu coloré, doué d'une excellente saveur, si le sucre était suffisamment pur.

Lorsque le sucre normal employé pour l'inversion contient des sels, en trop grande abondance, et surtout les dérivés des matières azotées modifiées par les alcalis, son goût n'est plus acceptable ; alors on le traite par l'alcool ajouté de manière à atteindre le titre de 80 degrés. Les sels se déposent en très-grande partie, pour ne pas dire en totalité, à cause de leur conversion en sulfates, ils entraînent la partie nuisible des dérivés azotés, et la solution alcoolique concentrée dans les appareils de distillation laisse un sirop de très-bon goût.

Les avantages d'une telle méthode sont frappants et très-considérables : ils peuvent être exprimés d'un seul trait : *utilisation de tout le sucre normal en deux parties sucrantes*. En effet l'extraction

(1) Au besoin, la même chaudière peut servir aux deux opérations.

Digitized by Google

du sucre normal retenu par les pulpes, les écumes, le noir, est un problème insoluble pour les méthodes ordinaires. Cette extraction, *à l'état d'inverti*, devient facile et peut être faite complétement. L'eau destinée aux lavages ne peut manquer d'invertir plus ou moins profondément le sucre normal des pulpes, etc.; elle rend l'extraction à l'état de sucre normal absolument impossible : c'est le contraire, on peut le dire, dans l'extraction à l'état d'inverti. On peut sans crainte épuiser toutes les matières chargées de sucre, à la seule condition d'éviter les fermentations, ce qui est facile en employant l'eau de chaux; on concentre les eaux de lavage, on les carbonate, on invertit, et s'il est nécessaire, on traite par l'alcool.

Des expériences faites sur une grande échelle ont vérifié la justesse de nos prévisions. Le sucre inverti présenté au commerce a reçu de lui, dans des applications très-diverses, un accueil favorable; tout permet d'espérer le remplacement du sucre normal par le sucre inverti dans tous les cas où l'état solide n'est pas nécessaire à la satisfaction du consommateur.

Les fabricants de sucre de canne trouveront un avantage particulier dans l'emploi de notre méthode; j'ai déjà signalé cet avantage § 1020, et j'ai donné un aperçu de sa valeur en chiffres. Il n'est pas nécessaire d'insister plus longuement : l'avantage est aussi grand pour la betterave et il me reste à prier les lecteurs spéciaux de vouloir bien se reporter au susdit article.

1079. *Procédé des dépôts mixtes.* — J'ai dit un mot de ce procédé dans le § 843. Voici les détails nécessaires pour le comprendre et l'appliquer avec profit :

Le procédé contient deux points essentiels. Ces deux points sont :

1° Défécation avec le minimum de chaux;

2° Remplacement de la plus grande partie du carbonate de chaux formé dans le travail ordinaire (à haute dose de chaux) par du carbonate tout formé ou d'autres matières insolubles, brique pilée, etc.;

3° Ne chauffer à aucun moment du travail au-dessus de + 60 degrés.

Digitized by Google

Voici les avantages de ce système tels que nous les avons compris, la maison Cail et moi :

Le chauffage est la plus puissante cause d'altération des jus. (Les jus déféqués sont altérés par cette cause, au moins aussi rapidement que les jus bruts, d'après mes expériences § 111.) Éviter le chauffage doit donc être une loi pour le fabricant.

Diminuer la chaux le plus possible, DANS LES DÉFÉCATIONS, est une seconde loi dont je n'ai cessé de conseiller l'observance depuis 1855, où je l'ai expliquée *dans mon brevet de conservation des jus*. (Toutes les personnes attentives comprennent pourquoi la conservation de jus provenant de *betteraves* MURES doit être faite, et peut l'être, sans inconvénients, avec de fortes doses de chaux, tandis que la défécation de jus extraits de betteraves *plus ou moins* ALTÉRÉES, doit être faite, et ne peut l'être sans inconvénients graves, qu'avec le minimum de chaux.) Je n'insiste pas.

Mais la soumission aux deux lois dont nous parlons, chauffage au-dessous de + 60 degrés, réduction de la chaux au minimum dans les défécations (*ordinaires*, je ne saurais trop le répéter), entraîne un inconvénient très-grave : les écumes et dépôts sont de consistance très-visqueuse et leur passage dans les filtres-presses véritablement impossible. Comment remédier à cet inconvénient capital ?

Nous avons trouvé, la maison Cail et moi, le remède le plus simple.

Pourquoi les écumes ou dépôts du travail passent-ils facilement dans les filtres-presses? parce que la matière organique, la seule réellement visqueuse, est mêlée avec le carbonate de chaux provenant de trois centièmes de chaux caustique, c'est-à-dire avec $3 \times 50/28$ ou 5,36 centièmes de carbonate. Dans une défécation avec le minimum de chaux (un demi-centième, par exemple, ou six fois moins que dans le travail dit de carbonatation), la même quantité de matière visqueuse est mêlée seulement avec le sixième de carbonate, le sixième de 5,36 ou 0,89, ce qui est tout à fait insuffisant pour *sécher* le dépôt et rendre les filtrations très-faciles.

Rien de plus clair, — et rien de plus clair non plus que le re-

Digitized by Google

mède. — Au lieu de former le carbonate de chaux nécessaire par de la chaux, dont la plus grande partie n'est ni nécessaire ni même utile à la défécation (puisque le minimum suffit à donner des jus limpides et peu colorés), et par de l'acide carbonique, obtenus l'un et l'autre à grands frais, n'est-il pas tout simple de verser dans les jus déféqués un poids égal de carbonate tout formé, naturel, dont le prix est presque nul, même pulvérisé, impalpable? Des essais nombreux nous ont démontré la parfaite exactitude de cette manière de voir, et il n'y a pas l'ombre d'un doute sur la valeur du procédé ainsi déduit de nos études. On peut remplacer la plus grande partie du carbonate formé dans les carbonatations par du carbonate naturel, de la brique pilée, des matières minérales nombreuses, en un mot, pourvu qu'elles soient insolubles dans les jus sucrés et en poussière fine.

En résumé, le nouveau système consiste en une marche très-simple et très-économique dont voici le tableau :

Traiter les jus par un minimum de chaux, c'est-à-dire de trois à six millièmes, suivant la qualité des betteraves et la pureté de la chaux; porter au bouillon, s'il est nécessaire (ce qui est bien rare), et seulement à + 60 degrés dans le plus grand nombre des cas; décanter le jus clair et envoyer les dépôts ou écumes aux filtres-presses, après addition de deux ou trois centièmes de brique pilée en poussière fine; cuire les jus filtrés à la manière ordinaire, sans dépasser + 60 degrés, si ce n'est vers la fin des cuites, quand le *serrage* commande une température un peu plus haute.

On réalise ainsi des économies considérables, d'une part en évitant la dépense d'une partie notable du charbon brûlé pour l'évaporation, et de l'autre en supprimant les cinq sixièmes de la chaux et de l'acide carbonique exigés par le procédé dit de carbonatation; le noir même n'est plus nécessaire avec de la brique pilée qui en tient parfaitement lieu.

Cette brique pilée ne coûte presque rien, elle se trouve partout et les fabriques peuvent la pulvériser elles-mêmes avec un appareil très-peu coûteux. Elle tient lieu du noir d'os et réalise par la suppression de ce dernier une économie considérable. Des expériences

Digitized by Google

spéciales nous ont prouvé la grande puissance absorbante de cette matière et pour la partie spumeuse des jus dont l'effet principal du noir est de les débarrasser, et pour une partie des sels et surtout des alcalis libres.

La préparation de cette brique pilée est rendue facile par le double emploi dont elle est susceptible : le travail de pulvérisation donne rapidement la fine poussière destinée à être introduite dans les jus pour rendre leur filtration facile, et en même temps une partie grossière, c'est-à-dire de la grosseur du noir en grain, partie dont on peut faire usage pour monter les filtres comme avec le noir lui-même. Il convient toutefois d'employer la poussière fine uniquement ; il vaut mieux en ajouter un peu plus dans les jus et ne pas filtrer, ce qui n'est pas nécessaire pour les sirops quand les jus ont été soumis à l'action d'une suffisante quantité de brique en poussière.

Les avantages de ce procédé peuvent être chiffrés à 4 francs ou 4 fr. 20 cent. par sac de sucre. En effet, nous supprimons dans les dépenses ordinaires :

2.5 centièmes de chaux, soient 50 kil. à 20 fr. les 1000 kil....	1.00
L'acide carbonique équivalent (force de distribution).....	1.00
Noir animal (dépenses de toute nature).....	2.00
Part de frais généraux relative aux trois objets précédents.....	0.60
Charbon de chauffage des jus.....	0.50
	5.10

et nous ne créons, en dépenses nouvelles, pas plus de :

3 centièmes brique pilée, soient 60 kil. à 10 fr. les 1000 kil...	0.60
Part de frais généraux.....	0.30
	0.90

Le bénéfice est donc de 4 fr. 20 cent., ou, en nombre rond, 4 francs.

Nous pourrions attribuer au compte des avantages une diminution des pertes de sucre causées par le lavage des dépôts calcaires : les nôtres sont de beaucoup plus faciles à laver et ne sont jamais exposés à contenir de carbo-sucrate (hydro-sucro-carbonate), con-

Digitized by Google

fondu, par un grand nombre de personnes, avec le sucrate proprement dit.

Mais on objecterait peut-être, en balance de compte, une probabilité de moins-value de nos dépôts, comme engrais. C'est une question très-secondaire dont la solution nous paraît variable, au moins, et très-incertaine; il est, à nos yeux, très-probable que les dépôts de brique pilée vaudront *toujours* les dépôts calcaires; ils contiennent la même quantité de substance azotée, ce qui est l'essentiel, et ils sont plus riches en combinaisons de potasse et de soude, ce dont les cultivateurs se trouveront aussi bien que du carbonate calcaire manquant.

Il est possible de remédier, en partie du moins, au malaise trop sérieux dont les fabriques sont affligées; le procédé Maumené-Cail (on peut le nommer *procédé des dépôts mixtes ou auxiliaires*) offre un secours très-réel. C'est une grande preuve de discernement de l'avoir compris comme Marot et comme Lamy, qui ont attiré, le premier l'examen, et le second l'approbation de la Société d'encouragement. Ce sera aussi une grande preuve de l'adopter, et MM. les fabricants me permettront de les y inviter de toutes mes forces pour l'avenir. Il ne faut, comme installation spéciale, rien de plus qu'un moulin broyeur : tous les mécaniciens l'établiront, et il ne coûte pas au delà de 1000 francs. Les tamis à noir peuvent servir. La dépense est donc faible (1).

1080. Nous avons modifié récemment, Margueritte et moi, le système de conservation des jus et d'extraction du sucre : au lieu de la chaux, dont les sels ont un goût fâcheux, nous avons pensé à employer la soude, qui donne des sels beaucoup moins désagréables et dont le prix n'est pas assez haut pour rendre l'usage impos-

(1) Ce procédé avait été l'objet d'un brevet demandé le 24 janvier 1873. Le brevet a été abandonné. Les fabricants peuvent donc en faire usage sans aucune redevance.

En 1876, le procédé a été présenté à la Société d'encouragement par une personne, Marot, qui ne connaissait pas notre brevet, et accueilli d'abord comme nouveau par plusieurs membres de la Société restés dans la même ignorance. J'ai dû rappeler notre antériorité par une Lettre insérée dans le *Journal des fabricants de sucre*, 26 avril 1876.

Digitized by Google

sible. L'équivalent de la soude est d'ailleurs presque égal à celui de la chaux, 31 au lieu de 28; il suffit donc d'un poids sensiblement égal pour obtenir les mêmes effets; 2 centièmes de soude, NaO, suffisent pour conserver les jus pendant plus d'une année sans aucune inversion ou altération du sucre. Au moment de l'extraction, on peut saturer la soude par l'acide carbonique si l'on veut; mais nous croyons préférable de renoncer à cet acide qui, en définitive, coûte cher et coûterait davantage si on le préparait sans pouvoir utiliser la chaux. Nous employons l'acide acétique. On forme ainsi de l'acétate de soude dont la saveur ne communique rien de désagréable aux sucres et qui a l'avantage, en passant dans les mélasses, d'y laisser une augmentation de poids suffisante pour indemniser en partie de la dépense et ne pas exiger, en somme, plus de frais que l'acide carbonique. De plus, les 2/100 de NaO laissent, après calcination du résidu des mélasses, $2 \times 53/31 = 3{,}42$ de carbonate de soude, CO^2NaO, tandis que les sels de chaux ne laissent rien d'utile. Le procédé est sûr, d'un emploi très-facile et très-peu dispendieux. Les grands avantages de la méthode générale de préservation du sucre par la conservation des jus peuvent être réalisés à son aide, sans autre matériel que les citernes et en supprimant les fours à chaux, laveurs, pompes à gaz, etc., etc. Il n'est donc pas douteux que les bénéfices l'emportent sur les dépenses et de beaucoup. — Nous pouvons le recommander aux fabricants avec toute confiance.

Digitized by Google

CHAPITRE XV

INSTALLATION DES FABRIQUES

1081. Je crois devoir consacrer un chapitre spécial à cette installation dont les données générales sont très-nombreuses et méritent d'être présentées en une sorte de tableau, non pas en donnant des règles absolues pour chacune d'elles, mais une base de discussion de nature à faciliter les déterminations du fabricant dans chaque situation particulière.

1° *Choix de la localité.* — Cette question est très-complexe : elle a des éléments très-divers : essayons de montrer la valeur relative de chacun d'eux.

Le premier est la facilité d'alimentation de la fabrique en betteraves : premier point déjà compliqué. Les terres propres à la production sont de qualité supérieure ou même moyenne ; jamais des terres humides, marécageuses, etc. Le voisinage des rivières ou des étangs, les terrains tourbeux, certains terrains spéciaux, comme ceux du Soissonnais où existent en abondance les lignites sulfurifères, doivent être rejetés. Les terrains calcaires, ou marno-calcaires, de consistance moyenne, même un peu ferrugineux, sont toujours les meilleurs, à la condition d'offrir une certaine profondeur, $0^m,80$ à 2 mètres ; ce point est essentiel. Dans ces terrains, la graine bien choisie, donne facilement de bonnes betteraves à 10 et 12/100 de sucre normal, sans abondance de non-sucre et surtout de sels.

Mais il ne suffit pas de se placer dans une contrée dont le territoire est favorable ; il faut s'assurer les produits au meilleur marché possible, ce qui comporte plusieurs conditions distinctes. Il faut se

Digitized by Google

placer le plus possible au centre des terrains producteurs et, de deux choses l'une, ou se charger soi-même de la production en achetant ou prenant à bail tous les terrains nécessaires (nous allons dire ce qu'il en faut), ou faire des marchés avec les cultivateurs pour un grand nombre d'années, à un prix fixé pour toute la durée du bail. C'est peut-être de toutes les conditions la plus importante ; en effet, le prix de la betterave est celui qui pèse le plus sur le prix de revient du sucre. 1000 kilogrammes de racines produisant en moyenne 50 de sucre en grains, 1 franc en plus sur leur prix augmente de 2 francs les 100 kilogrammes, ou le sac de sucre, en dehors de toutes les autres charges.

La quantité de terrains nécessaires peut être évaluée très-approximativement. Veut-on traiter 20 millions de kilogrammes de betteraves, 20 000 tonnes, il faut disposer de 3000 hectares au moins. En bonne culture, 1 hectare peut donner 40 tonnes, année moyenne : 500 hectares peuvent donc suffire à la production annuelle. Mais la même terre ne porte pas des betteraves tous les ans : il faut compter avec une rotation triennale et avec un rendement moindre. Pour parer à tout événement 1000 hectares par année, 3000 en tenant compte de la rotation, c'est le nécessaire. Un rayon de 4 à 5 lieues autour de la fabrique doit être admis comme limite du champ d'alimentation. La surface est de 125 000 hectares ; les 3000 nécessaires ne sont donc pas au delà du 1/40 ; aucun obstacle sérieux n'est à craindre.

A peine a-t-on besoin de faire observer combien la qualité de la betterave est nécessaire à fixer dans le marché. Prenons 1000 kilogrammes de betteraves à 10/100 de sucre, livrables à 20 francs par exemple ; n'est-il pas évident que 1000 kilogrammes dont la richesse serait 8/100 seulement ne valent pas plus de 16 francs ? Longtemps cette différence, pourtant bien sérieuse et bien évidente, a été négligée : mais les dures épreuves des dernières campagnes ont ouvert les yeux des moins clairvoyants. Il faut imposer une qualité précise, une richesse de 10/100, qui est facile à obtenir par tout cultivateur soigneux, dans une bonne terre, avec une bonne graine. On y arrive en imposant la graine dont on se réserve le choix et en vérifiant la

Digitized by Google

qualité par le saccharimètre (§ 347), ou même simplement le sucromètre (§ 438). Une déduction de prix peut être convenue pour chaque centième de sucre en moins, et en bonne justice, une prime doit être accordée pour chaque centième en plus. Si la déduction est de 1 franc ou 1 fr. 50 cent. par centième en moins, il faut même accorder 2 francs, ou 3 francs, par centième de sucre en plus des dix de la moyenne.

Enfin ce n'est pas tout d'avoir autour de soi et près de la fabrique une base d'approvisionnement convenable, il faut rendre l'approvisionnement le plus facile possible, c'est-à-dire établir la fabrique sur une bonne route et même sur plusieurs; routes ordinaires, chemin de fer, canal, on ne peut avoir trop de moyens de communication à son usage immédiat.

Le transport amène quelques charges dont il faut tenir compte; au delà d'une distance fixée, le fabricant doit payer un excédant : non-seulement pour le transport en lui-même, mais pour l'entretien des routes. Il faut soigneusement prévoir ces difficultés et les dépenses dont elles sont la source.

Les râperies, avec tube souterrain, peuvent rendre de grands services; leur emploi doit être examiné, d'abord au point de vue de la dépense, pour ne pas payer plus cher que par le transport dans les voitures, chariots, ou les wagons de chemins de fer, ou les bateaux du canal, etc., mais surtout au point de vue de la facilité d'y établir un bon directeur. Une râperie mal dirigée est une base d'approvisionnement très-coûteuse; j'entends, par mal dirigée, placée sous les ordres d'un homme peu attentif au chaulage exact des jus foulés dans le tuyau souterrain (§ 773).

1082. Le choix du terrain doit être dirigé par d'autres considérations dont je vais essayer de bien faire apprécier l'importance : la pente de ce terrain, sa nature minéralogique sont dignes de l'attention du futur fabricant.

La pente du terrain peut être grande en un point et permettre d'établir le mouvement des jus et sirops, au cours tout entier de la fabrication, par le seul effet de leur chute, sans avoir à les élever, ou

Digitized by Google

relever, plusieurs fois, au moyen des pompes ou des monte-jus. On peut réaliser de ce chef une économie importante.

Dans un assez grand nombre de fabriques, la râpe est au rez-de-chaussée, au niveau du sol, généralement plat, et les presses hydrauliques, établies dans une salle voisine, ne peuvent fournir le jus sans l'envoyer dans le bac de chaulage, puis le monte-jus en contre-bas de quelques mètres. Pour envoyer le jus chaulé aux chaudières de défécation, ou de carbonatation, il faut l'élever presque toujours d'une quinzaine de mètres. Ce travail est une cause de dépense très-grande. Supposons 200 000 kilogrammes par jour, ou, en 120 jours, 24 millions de kilogrammes de betteraves. C'est 24 millions de kilogrammes de jus au moins, c'est à peu près 24×105 ou 25 millions (25,2) de kilogrammes de jus élevés à 15 mètres, c'est-à-dire 18,9 millions de kilogrammètres à produire, à raison de 20 litres par seconde en moyenne : 1112 fr. 50 cent. de ce seul fait. — Et si dans le cours du travail, on répète les élévations de sirops successives, on peut doubler cette dépense.

Qu'on trouve un sol uni, ou à peu près, sur la majeure partie de son étendue, mais se terminant d'un côté par une pente, même assez abrupte, de 10 ou 15 mètres ; on pourra établir sur la partie presque plane les dépôts de betteraves, le laveur, la bascule, la râpe, les presses, les dépôts de pulpe, de charbons, etc., etc., et profiter de la pente pour établir en cascade la presque totalité des appareils de fabrication, de manière à laisser couler le jus, des presses aux chaudières de carbonatation, de celles-ci dans les filtres-presses, de là dans le triple-effet, du triple-effet dans les filtres et de ceux-ci dans la cuite, si la hauteur de la pente est suffisante. Au moins, doit-on réduire l'élévation des liquides à celle du sirop filtré seul, du sirop à 21 ou 22 degrés densimétriques, bon pour la cuite, dont la chaudière est placée au niveau du triple effet, etc.

On conçoit la difficulté de tracer sur ce sujet des règles absolues : chaque usine demande une étude spéciale et ne peut complétement éviter le travail qui nous occupe ; mais j'ai dû ne pas manquer d'attirer l'attention sur une condition très-réellement importante et facile à prévoir ou à réaliser dans tous les cas.

Digitized by Google

1083. La nature du terrain a aussi de l'intérêt. Il importe de choisir une terre peu argileuse ; au temps de la campagne, la moindre pluie rend l'accès de la fabrique pénible pour les chevaux, les betteraves entassées au dehors des bâtiments se gâtent au contact du sol humide : toutes celles qui résistent sont souillées de terre au point d'exiger d'énormes quantités d'eau pour leur lavage. Le four à chaux ne peut être solidement établi dans un terrain où l'expérience a montré des ponts gigantesques, des maisons tout entières glissant de plusieurs dizaines de mètres ou davantage.

1084. Une autre condition du plus haut intérêt dans le choix de la localité, c'est l'abondance de l'eau et d'une eau de bonne qualité. Lorsqu'on peut se placer sur le bord d'une rivière ou d'un canal (presque toujours alimenté par une rivière ou un fleuve de bonne eau), lorsque cette situation n'entraîne pas une alimentation par de mauvaises betteraves, il ne faut pas hésiter. La quantité d'eau nécessaire à la fabrique est tellement grande, que le mieux est de s'assurer d'une source en quelque sorte inépuisable. Si le lieu, convenable au point de vue des betteraves et de leur transport, est éloigné d'un cours d'eau, s'il faut recourir à un puits comme réservoir d'eau, la plus grande attention doit être mise à l'examen de la profondeur (dont la limite ne peut dépasser quelques mètres), de la qualité de l'eau, de son abondance, et de la certitude de son maintien malgré l'épuisement causé par la fabrication, la sécheresse, etc. C'est une question de vie ou de mort pour l'usine, on peut le dire.

En effet il faut de l'eau pour laver les betteraves, pour faciliter le râpage, pour préparer la chaux des défécations, pour condenser les vapeurs du triple-effet et de la cuite, laver les noirs, les sacs, tout le matériel de la fabrique et la fabrique elle-même, alimenter les générateurs, etc., etc.

Nous avons vu par le menu, la grandeur de cette masse d'eau :

1° Pour laver 1000 kilogrammes de betteraves, 90 hectolitres;

2° Pour le râpage, 5 hectolitres;

3° Pour le lavage des sacs, 6 hectolitres;

4° Pour éteindre la chaux, et la mettre en lait 2.5;

Digitized by Google

5° Pour laver les gaz de carbonatation, 2 hectolitres;

6° Pour les pompes à air, 300 hectolitres;

7° Pour lavage des appareils, etc., etc., 25 hectolitres;

8° Pour les générateurs, 10 hectolitres, soit en tout 450 hectolitres;

9° Pour le lavage des noirs, 10 à 12 hectolitres.

Une fabrique ne saurait éviter ce minimum, et par prudence il faut compter le double, soit 800 hectolitres au moins; en nombre rond, 1000 hectolitres, ou 1 hectolitre par kilogramme de betteraves, nombre qui peut être réduit de moitié dans de bonnes conditions. Les retours d'eau des machines réduisent presque de moitié les 300 hectolitres de l'article 6, mais je crois ne pas devoir les compter (1).

Si la fabrication emploie 1 million de kilogrammes par jour, comme dans les fabriques centrales (où les quatre premiers articles sont à déduire puisqu'ils sont employés dans les râperies), il reste encore 0.8 hectolitres par kilogramme de betterave, soit 800 000 hectolitres, ou 80 000 mètres cubes en vingt-quatre heures. C'est une rivière qui doit traverser l'usine sans interruption pendant la campagne.

1088. L'importance d'une bonne alimentation d'eau n'a pas besoin de plus longs commentaires. La qualité de l'eau n'est pas à négliger. Son analyse doit être faite avec grands soins; l'absence des sulfates est la condition la plus précieuse. La nature du dépôt formé dans les générateurs doit être examinée d'abord par le moyen indiqué § 467 et en outre par l'étude dans un générateur. On peut souvent, dans la localité même, obtenir les renseignements *approximatifs* par des usines peu éloignées.

Ces eaux sont très-bonnes pour deux autres usages : 1° pour débiter la chaux et préparer le *lait* à 1/5, dont il est fait aujourd'hui

(1) L'eau des retours des machines peut être employée utilement : elle est pure ou seulement un peu graisseuse; il est essentiel qu'elle le soit très-peu, sinon elle produirait l'accident signalé § 1089, 2°. Les retours des appareils d'évaporation peuvent contenir du sucre et, dans les générateurs, elles produisent un autre accident, celui du § 1089, 1°.

Digitized by Google

presque universellement usage; 2° pour laver les noirs, dans les filtres ou l'atelier de purification.

Lorsqu'on peut les admettre dans les générateurs, il est bon de les prendre le plus tôt possible avec leur chaleur (de condensation) pour n'avoir pas à les réchauffer en pure perte. Il est clair que la rentrée ne peut avoir lieu sans l'aide de la pompe alimentaire ou de l'injecteur Giffard. Dans le premier cas, on tire un excellent parti de l'amortisseur ou hydro-extracteur, dit bouteille allemande, malgré le perfectionnement reçu chez nous et qui suffit pour le rendre bouteille française.

Cet instrument est décrit et représenté § 960.

1086. Un sujet très-important et dont la liaison avec celui qui précède est toute naturelle, c'est le choix et l'établissement des générateurs.

Aujourd'hui les opinions sont partagées pour la préférence à donner aux générateurs à bouilleurs ou aux tubulaires. Ces derniers, sans coûter beaucoup plus cher, permettent d'évaporer une plus grande masse d'eau en moins de temps et avec moins d'emplacement. On les met plus vite en pression. Voici la description de ceux que plusieurs fabriques ont adoptés : BAC (fig. 219) représentent l'ensemble de la chaudière dont le corps est traversé, comme celui des locomotives, par un grand nombre de tubes *t,t*, dans la longueur desquels passe la fumée du foyer B, pour atteindre la chambre à fumée C, d'où elles passent, plus ou moins rapidement, suivant l'ouverture du registre, dans la cheminée renversée D, communiquant avec une galerie commune, souterraine, aboutissant au tuyau de briques vertical, bien connu, qui la jette dans l'atmosphère. L'eau recouvre la plaque supérieure du foyer, où sont établies des saillies *c,c*, pour faciliter l'ébullition d'une part et de l'autre; le foyer est alimenté par les deux portes SS (celle du cendrier n'est pas représentée). La chambre à vapeur A est vaste; elle ne permet pas un trop facile abaissement de la pression; dans le couvercle du trou-d'homme P, qui la surmonte, est établie la soupape chargée par le poids Q, à l'extrémité de son levier, puis

Digitized by Google

la prise de vapeur N, robinet à soupape qui lui donne issue dans la prise générale H, d'où une seconde prise N′ lui permet de se rendre aux machines ou appareils. Le vidage de la chaudière peut être

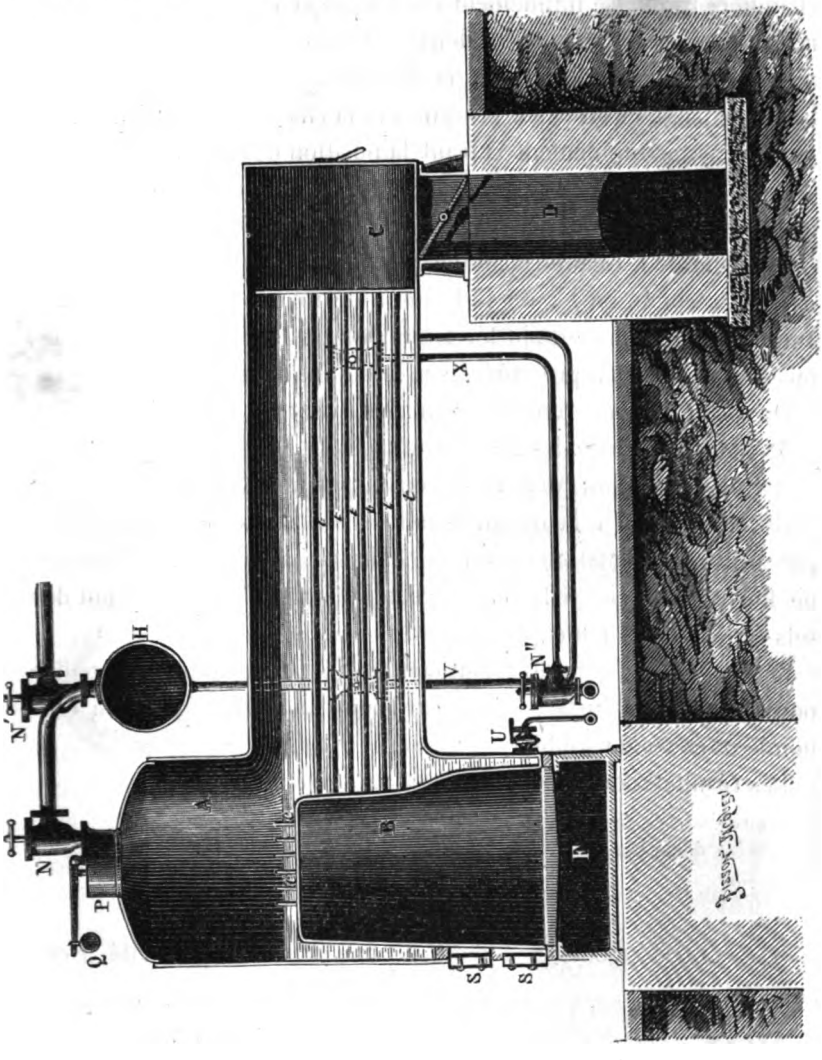


Fig. 219.

effectuée par les tuyaux VX et la prise N″, amenant la vapeur d'un générateur voisin. Le robinet U sert à la vidange des dernières parties d'eau de l'enveloppe du foyer.

Digitized by Google

1087. *Générateur Victoor et Fourcy.* — Cet appareil mérite d'être indiqué avec un peu de détail (fig. 220). Il est partagé en deux corps, le premier formant une chaudière à bouilleurs, le second une chaudière tubulaire intimement liée à la précédente par le tube *f*. Il réunit ainsi les avantages des deux systèmes. Le feu donne ses premiers coups aux bouilleurs et à la chaudière A comme à l'ordinaire; la fumée passe ensuite par les tubes et la chambre C, d'où elle sort plus ou moins rapidement suivant la position donnée au registre *k*. Chaque chaudière a une chambre à vapeur et la communication de ces deux chambres a lieu par le tube *h*, au-dessus duquel est la prise générale *t*. Chaque chaudière a aussi une soupape, la première en *e*, la seconde en *f* : un indicateur de niveau surmonte le tube auquel la soupape *e* est ajustée latéralement. Je n'insiste pas sur les pièces accessoires représentées sur le devant du générateur.

On paraît avoir reconnu les avantages suivants :

1° Nettoyage facile des générateurs;

2° Suppression du coup de feu sur la plaque à tubes;

3° Suppression de la presque totalité des incrustations sur les tubes parce que l'alimentation commence dans la chaudière à bouilleurs et ne fournit de l'eau à la chaudière tubulaire qu'après le dépôt des sels dans la précédente;

4° Possibilité d'employer tout combustible quelconque, les grilles pouvant offrir la surface nécessaire dans chaque cas. — Il y a économie de ce combustible.

Les résultats sont excellents; on a vaporisé :

Kilogr.		
8.50	d'eau par kilogr. de charbon, chez MM.	Cambier (Lambres).
9.30	— —	Massort, frères (Férin).
9.54	— —	Fiévet (Sin).

Beaucoup d'ingénieurs attribuent une grande supériorité à ces appareils.

1088. Quel doit être le nombre de ces générateurs ?

Ce nombre dépend de deux conditions : la quantité de vapeur à produire et la surface de chauffe de chacun d'eux.

La quantité de vapeur à produire est déterminée par des données

Digitized by Google

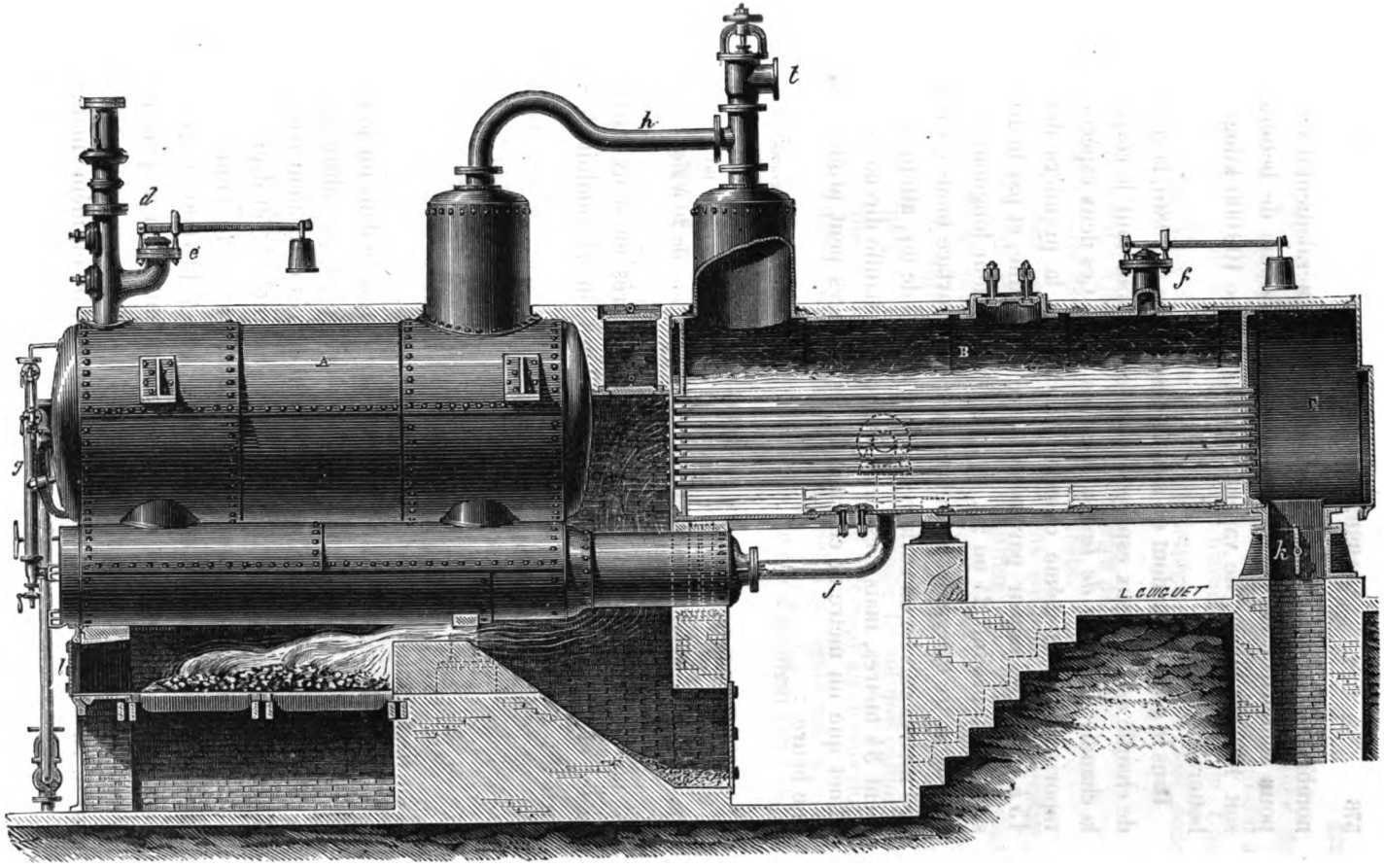


Fig. 220.

Digitized by Google

nombreuses et variables, mais on paraît assez généralement d'accord pour admettre 1 kilogr. de vapeur par kilogramme de betterave, soit 100000 kilogr. de vapeur, lorsqu'on râpe 100000 kilogr. de betteraves, etc.

Dans le générateur dont on a lu la description (§ 1086), la surface de chauffe est de deux espèces : *tôle de fer*, pour tout le corps de la chaudière, et *tôle de laiton* pour les tubes. Ces deux espèces ne vaporisent pas la même quantité de vapeur; la première donne 15 à 16 kilogr. vapeur par mètre carré de chauffe, et par heure la seconde en produit 24 ou 25. Il y a 160 tubes; leur longueur 6m,5; leur diamètre extérieur 54 millimètres; leur surface totale est donc 176 mètres carrés. La surface du foyer, en tôle de fer, atteint seulement 34 mètres, mais c'est une surface de chauffe directe. — On admet que un mètre de chacune de ces surfaces peut produire en une heure :

		Kilogrammes de vapeur.
1° Tôle du foyer.....	au contact du charbon.....	100
	au contact de la flamme....	60
2° Tôle de laiton des tubes.		de 20 à 25

On peut diviser la surface du foyer à peu près en deux parties égales et prendre pour moyenne 80 kilogr. On est conduit de la sorte à :

34 mètres × 80	= 2720	kilogrammes
176 mètres × 20	= 3520	—
Total.....	6240	

et en vingt-quatre heures 145 760 kilogrammes.

Telle est la masse d'eau qui peut être évaporée dans un jour à l'aide d'un de ces générateurs. La théorie n'est pas absolument vérifiée par la pratique. Elle suppose 300 degrés de chaleur dans la cheminée; mais en général on observe au moins 350 degrés. Le refroidissement par l'alimentation diminue aussi le chiffre. En somme on ne peut guère obtenir plus de 110 à 115000 kilogr. — En raison des chômages, réguliers ou accidentels, on ne peut pas compter sur plus de 90 à 95, avec de bonnes eaux : avec celles qui incrustent la surface on descend à 80, 60, 50 ou même moins.

Digitized by Google

On admet que la fabrication de 1000 kilogr. jus, ou 1000 kilogr. de betteraves, exige 500 à 600 kilogr. vapeur pour les usines cuisant à l'air libre, 350 à 400 pour celles qui travaillent dans le vide. Une usine travaillant 100 000 kilogr. de betteraves par jour doit donc établir :

Avec la cuite à air libre au moins quatre générateurs.

Avec la cuite dans le vide au moins trois.

Quatre dans le premier cas, où deux suffisent théoriquement, parce que leur chômage peut être simultané. Les générateurs sont ordinairement enveloppés d'une couche épaisse de corps non conducteurs; ils doivent être en outre placés dans une salle fermée à grandes fenêtres closes par un mince vitrage. Le sol doit communiquer par une rigole inclinée avec le sol extérieur au-dessus duquel on doit l'établir assez haut pour donner à la rigole une pente de trois à quatre centimètres par mètre. En cas d'accident l'eau chaude s'écoule vite au dehors.

1089. Un point important, c'est de réduire les longueurs des distributions de vapeur à leur plus courte dimension; de ne pas multiplier sans nécessité les branches horizontales et de ne laisser aucune de ces branches dans la position rigoureusement horizontale; il est bon de leur donner une pente sensible pour qu'en aucun cas l'eau condensée ne puisse les obstruer; les conduites principales doivent être munies de purgeurs et toutes entourées d'un corps mauvais conducteur de la chaleur. Cette dernière précaution donne un peu de gêne, mais elle est indispensable si l'on veut éviter des pertes de chaleur coûteuses. La surface des tubes de vapeur est considérable et il ne faut pas oublier que chaque mètre carré de cuivre exposé d'un côté à de la vapeur sous 6 atmosphères ou + 160 degrés, et de l'autre à + 25 degrés, température de l'usine, c'est-à-dire à une différence de 135 degrés, condense 3 à 4 kilogrammes par heure.

La plus grande cause de perte, c'est l'envoi dans l'air d'une énorme quantité de vapeur. Certaines fabriques ne prennent pas assez de précautions à cet égard : toutes les vapeurs des monte-jus, des filtres

Digitized by Google

presses, etc., sont jetées dans l'atmosphère avec une prodigalité qui pourrait être évitée. Un travail bien dirigé peut être fait aujourd'hui presque sans aucune perte. On ne doit pas entendre le sifflement continuel des jets de vapeur dans un atelier où peut régner le plus complet silence. — Les vapeurs peuvent être, non pas *perdues* comme on le dit trop éloquemment, elles doivent être utilisées, soit au chauffage des emplis, au séchage des sacs ou des toiles, etc. — Autant que possible, aucune perte de vapeur dans l'air ne doit avoir lieu. On reconnaît de loin une fabrique bien dirigée, à ce caractère. On doit mettre la plus grande attention à les condenser pour alimenter les générateurs avec de l'eau pure. Deux genres d'accidents, assez fréquents dans les fabriques, ont à cet égard une éloquence frappante :

1° L'alimentation faite avec les retours d'eau, du triple effet ou de la cuite, amène du sucre dans les générateurs si les tubes des appareils à cuire présentent des fuites, ce qui arrive trop souvent; le sucre ne tarde pas, sous l'influence de la haute température et de l'eau, d'éprouver la décomposition que j'ai signalée § 27, t. I; les bouilleurs et la chaudière se couvrent intérieurement d'une sorte d'amadou (on peut lui donner ce nom) qui n'est autre qu'un mélange de caramelin (§ 93) et des produits analogues. C'est un corps brun, léger, d'une combustion facile, et laissant une cendre gris rougeâtre quand il provient du fond des bouilleurs; ce produit est presque entièrement soluble dans l'ammoniaque, même très-étendue, avec coloration brune très-foncée; cette dissolution ne précipite pas par les acides, donne par l'évaporation un résidu relativement énorme, brûlant mieux que le dépôt lui-même et laissant une cendre abondante, grise, douce au toucher, alumineuse avec un peu de magnésie. L'eau des bouilleurs est brune, mousseuse, au point de passer avec la vapeur presque dans les appareils à cuire; sa densité dépasse 1016, elle marque 3°↖ au saccharimètre. Elle est presque entièrement décolorée par l'acétate $(PbO)^3$ et devient jaune pâle comme un beau jus déféqué. Soumise à l'évaporation à feu nu dans une capsule, elle produit, dès les premiers moments, une écume épaisse et un anneau brun noir, tirant sur le vert; à siccité le résidu devient noir

Digitized by Google

et se couvre à la surface d'une couche bleue magnifique : il brûle rapidement et laisse des plaques salines légères qui décrépitent faiblement.

Les eaux de retour contiennent du sucre ; elles jaunissent par l'évaporation, brunissent et laissent de petits amas qui noircissent brusquement et brûlent, un instant après, avec étincelles. — Avec une goutte d'alcali caustique elles brunissent en les faisant bouillir, ce qui ne demande pas plus d'une minute et donne un moyen d'analyse qu'il faut employer chaque jour.

2° Les eaux chargées de carbonate calcaire où les eaux de retour amènent une quantité de graisse un peu forte (provenant des stuffing-box, etc.) présentent un inconvénient des plus désagréables. En vingt-quatre heures, il se fait un dépôt de carbonate mêlé de graisse qui empêche l'adhérence du liquide au métal de la chaudière, ou des bouilleurs, et la remplace par une répulsion comme celle du mercure et du verre. La surface métallique, mise à nu, brûle, s'oxyde et, surtout dans le foyer, la tôle est détériorée au point de nécessiter un remplacement immédiat. Il est donc nécessaire, ou d'éviter le carbonate en alimentant à l'eau pure, ou d'enlever la graisse, comme je l'ai fait faire en amenant l'eau des retours dans un cylindre fermé vertical où on l'agite avec du pétrole (ou tout autre liquide analogue). Cet hydrocarbure dissout la graisse, la retient, et l'eau, après un dépôt de quinze minutes environ, ne retient pas trace de graisse ; on pourrait se servir de soude caustique dont on mêlerait à l'eau une quantité suffisante pour saponifier la graisse ; mais on a un autre inconvénient, celui d'une mousse abondante dont il est difficile d'éviter l'irruption dans les appareils.

1090. Une des conditions du bon emplacement des générateurs, c'est le contre-bas. Toutes les eaux de retour doivent y venir par le seul effet des pentes, au moins jusqu'à l'injecteur. Il y a beaucoup d'intérêt à conserver les eaux de condensation des vapeurs, surtout quand l'eau du puits de la fabrique est d'une qualité médiocre.

1091. *Ouvriers.* — Le choix des ouvriers, toujours utile dans une usine quelconque, est de première nécessité dans une fabrique

Digitized by Google

de sucre. Un ivrogne peut être une cause, non-seulement de trouble moral, ce qui est déjà très-fâcheux, mais en outre d'accidents personnels ou matériels, souvent très-graves. Les opérations de la sucrerie demandent, presque toutes, du soin et de l'adresse : on ne saurait obtenir ni l'un ni l'autre avec des hommes pris de boissons. La défécation, les carbonatations, la conduite des filtres presses, du triple-effet, de la cuite, etc., ne peuvent être bien faites si les ouvriers ne sont maîtres d'eux-mêmes et en pleine possession de leurs forces.

Certains ouvriers spéciaux sont tout à fait indispensables. Un mécanicien, par exemple, est nécessaire. Avec un matériel aussi considérable, les accidents sont nombreux, malgré tous les soins et le bon état primitif des machines. Il est de toute nécessité de faire les réparations sans aucun retard. Les pompes à eau peuvent être mises hors de service par la rupture d'un boulon; la fabrique serait arrêtée complétement à la suite d'un accident aussi simple, puisque l'eau sert partout : à la râpe, aux presses, aux sacs, à la préparation du lait de chaux, aux pompes à jus, à air, etc., etc. Il faut donc que l'accident soit immédiatement réparé, dans un atelier toujours prêt, c'est-à-dire faisant partie de la fabrique. L'atelier doit contenir tout le matériel nécessaire pour forger le fer, limer, ajuster de petites pièces, courber des tuyaux de cuivre, faire des soudures, ou brasures, faire du mastic pour les joints, etc. Un homme est rarement suffisant; il en faut presque toujours deux, le dernier surtout habitué aux travaux de la chaudronnerie. Ces hommes, outre leur habileté mécanique, doivent être soigneux du matériel mis à leur disposition: l'ordre et la propreté leur sont obligatoires. J'ai vu des fabriques où chaque réparation amenait la perte de presque tous les débris de métaux, tuyaux de cuivre, outils, etc., mis en usage : il est essentiel de veiller à ce désordre.

D'autres ouvriers spéciaux doivent être sous la main : un maçon, un fumiste, peuvent rendre de grands services pour faire des scellements, réparer les fours, les cheminées, et ordinairement ces ouvriers se trouvent dans les villes ou les villages ; mais il faut s'assurer leur présence constante.

Digitized by Google

La direction en sous-ordre des ouvriers doit être confiée à un contre-maître habile et ferme, habile en sucrerie, dont tous les détails lui soient familiers, ferme avec les ouvriers dont la conduite réclame avant tout la justice et le bon vouloir. Même pour un maître plein de qualités, un contre-maître est un second nécessaire : on ne peut mettre trop de soins à le bien choisir et à le bien traiter.

1092. Le nombre des ouvriers ne peut pas être fixé d'une manière trop absolue : le genre de travail le fait varier. Voici l'indication moyenne par poste pour 100 000 kilogrammes de betteraves :

Prise aux tas, lavage, etc.	18
Production du jus, presses hydrauliques	34
Production du jus, presses continues	20
Défécation ou carbonatation	16
Filtration, fours à noirs, lavage	11
Four à chaux	4
Lavage des sacs, raccommodage, etc.	3
Générateurs	8
Cuiseurs (triple-effet et cuite)	4
Hommes de peine, gazier, etc.	5
Machines	3
Éclairage	2
	128

dont 80 hommes, 20 femmes, 28 enfants.

Le poste travaillant 12 heures, il faut compter le double par jour, soit 256 personnes.

C'est à peu près un ouvrier pour 400 kilogrammes de betteraves. — Dans les grandes fabriques, le nombre des ouvriers est moindre ; un ouvrier travaille 500 kilogrammes ou même un peu plus. Dans d'autres, surtout à l'étranger, le nombre est, au contraire, beaucoup plus grand. On cite des fabriques où un ouvrier ne travaille pas plus de 170 kilogrammes.

1093. Le premier instrument de la fabrique, dans l'ordre de travail, c'est la bascule. Elle doit être très-juste, facilement abordable aux voitures et aussi rapprochée que possible du lavoir. — Auprès d'elle doit être établi le petit lavoir des échantillons. A

Digitized by Google

chaque livraison, on lave environ 50 kilogr. de betteraves pour connaître la quantité de terre dont elles sont souillées et défalquer le poids de cette terre. Notre cadre ne nous permet pas de décrire ce petit lavoir, il est bien connu.

De la bascule où chaque voiture passe deux fois, en arrivant chargée, puis en repartant vide, ce qui donne deux poids dont la différence est la *fourniture de betteraves brutes*, soit 5240 kilog., on obtient la fourniture réelle en déduisant la terre, évaluée par le lavage des 50 kilog. d'échantillon. Si les 50 kilog. ont perdu 16 kilog. au lavage, 100 en perdent 32 et l'on a 68/100 de betterave vraie. La charge de la voiture 5240 kilog. représente par conséquent :

$$5240 \text{ kilog.} \times 0.68 = 3563.2 \text{ betteraves réelles.}$$

On doit avoir au bureau le barême général de ces réductions. Il se vend dans la plupart des librairies des départements sucriers (1).

1094. Les betteraves viennent au lavoir. On doit réserver le plus de place possible autour de cet appareil pour laisser le plus de facilités à la décharge, au triage, épluchage, etc. Il est même prudent de garder du terrain pour un dépôt de betteraves assez considérable, dans le but d'éviter toute interruption dans l'alimentation de la fabrique. Ce dépôt doit représenter l'alimentation de huit à dix jours. On porte les betteraves, du dépôt au lavoir, dans des brouettes.

L'eau destinée au lavage doit être contenue dans un réservoir assez grand, ou amenée par des pompes suffisamment fortes, pour entretenir la cuvette pleine d'eau assez pure.

1095. Les râpes doivent être à l'intérieur et voisines, soit de la presserie, si l'on fait usage de presses hydrauliques, soit de la pompe à pulpe, si l'on emploie les presses continues. Il convient de prendre la transmission pour la pompe et la râpe sur le même arbre.

(1) Le cultivateur a transporté inutilement 1677 kilog. de terre, ce qui n'est pas le maximum.

Digitized by Google

Le matériel de la râperie se compose de :

1° Un monte-betteraves (fig. 126).
2° Un lavoir (fig. 126).
3° Une râpe à trois sabots avec auge à pulpe (fig. 127 et 128).
4° Deux pelleteurs assemblés mécaniquement (fig. 137).
5° Deux presses préparatoires (ou à vis) (fig. 140).
6° Huit presses hydrauliques (fig. 142).
7° Un buffet de huit pompes à excentrique (fig. 148).
8° Les claies, sacs, un tamiseur de pulpe.
9° Les transmissions, les rigoles, etc.
10° La machine de vingt-cinq chevaux.

et dans le cas des presses continues, au lieu de 4°, 5°, 6°, 7° et 8° :

4° Une pompe à pulpe.
5° Trois presses dont deux de première pression et une de deuxième (§ 738 et suivants).
6° Deux tamiseurs de pulpe (fig. 171).

1096. *Râperie.* — Voici le calcul approximatif des frais d'une râperie :

Terrains : 2 hectares à 5000 fr.			10.000 fr.
Bâtiments : Râperie proprement dite	25.000	40.000	
Bureau, logement d'employés	15.000		
Travaux d'appropriation du terrain			10.000
Surveillance des travaux, 2/100			1.000
Lavoir, élévateur, épierreur			2.500
Râpe (deux tambours, jeu de lames)			2.500
Bacs de chaulage, bacs de dépôts			2.000
Pompe à eau, pompe à jus, tuyauterie, etc			2.500
Transmissions de mouvement			2.000
Machine à vapeur, 25 chevaux (à 600 fr.)			15.000
Atelier de réparation			2.000
Imprévu			500
Tuyau de 10 kilomètres mis en place			75.000
Prime pour la licence d'exploitation			15.000
4 presses hydrauliques	10.000	Mémoire (1).	
Sacs, lavoir, etc.	5.000		
			180.000 fr.

(1) Ils seraient nécessaires dans l'usine.

Digitized by Google

L'exploitation coûte ensuite pour 120 jours :

Intérêt et amortissement 10/100 du capital ci-dessus....	18.000 fr.
Contre-maître.....	3.000
Magasinier ou peseur de betteraves.....	2.000
Mécaniciens.....	1.300
2 chauffeurs (de jour et de nuit) à 4 fr.....	960
2 conducteurs des presses à 3 fr. 50.....	840
20 presseurs et râpeurs à 3 fr. 50.....	8.400
4 laveuses, raccommodeuses de sacs, à 3 fr.....	1.440
2 hommes de service à 3 fr. 50.....	840
Réparations et entretien.....	5.000
Frais de bureau, télégraphe, impôts, assurances.....	2.000
Éclairage (huile ou pétrole).....	750
Voyages du directeur de la fabrique.....	1.500
Imprévu.....	3.470
	50.000 fr.

Sauf les variations dans quelques prix, suivant les localités, tel est à peu près le prix de revient de l'extraction et du transport des jus provenant de 10 millions de kilogrammes de betteraves ou de 100 000 hectolitres de jus. Si nous déduisons les frais d'extraction qui seraient les mêmes dans la fabrique, nous aurons à diminuer:

Contre-maître.....	1.500 fr.
Magasinier.....	1.000
Mécanicien.....	800
2 conducteurs des presses.....	840
Presseurs et râpeurs.....	8.400
Laveuses, etc.....	1.440
Réparations.....	2.000
Frais de bureau, etc.....	1.500
Voyages du directeur.....	1.500
Imprévu.....	2.020
	21.000 fr.

Il restera donc, à la charge du transport, à très-peu près 29 000 francs, soit 30 000. On peut donc transporter les jus de 10 millions de kilogrammes à 10 kilomètres pour 30 000 francs, ce qui donne:

Pour 1000 kilogrammes et par kilomètre.....	0 fr. 30
Pour 10 000 kilogrammes et par 10 kilomètres..	30 fr.

Il faut ajouter, en déduction, le boni provenant de la diminution

Digitized by Google

de 1/5 des frais de transport, la betterave correspondante à la pulpe restant sur place. En général, aucun moyen ordinaire de transport n'est moins coûteux, et celui-ci n'a presque aucun des inconvénients dont nous avons parlé (§ 775).

1097. En cas de pressions hydrauliques, la presserie doit être très-rapprochée de la râpe et des pelleteurs, les presses hydrauliques placées en ligne autour des presses préparatoires et peu éloignées, d'autre part, des portes de communication avec la cour où vont s'entasser les pulpes après vidage des sacs. Les jeunes filles ou garçons chargés de ce travail reçoivent les sacs avec la pulpe par les brouettes; ils les vident, les chargent sur une autre brouette et les renvoient, ou bien, s'ils doivent être *dégraissés*, ils les portent vides et non repliés vers un autre atelier spécial, où on les débarrasse de tout principe nuisible.

La presserie a le plus grand besoin d'une extrême propreté : c'est chez elle que les fermentations sont le plus à craindre, à cause de l'énorme division des pulpes et des jus. Le sol doit en être absolument imperméable : les murs unis, faciles à laver et non absorbants; des plaques de faïence seraient bonnes si le prix n'en était trop élevé; du calcaire très-dur, à grains fins, comme la pierre de Chérence fine (§ 804), peut être recommandé. Des calcaires moins homogènes, peints au silicate de potasse, peuvent être employés.

Toutes les pièces ont besoin de nettoyages multipliés et, pour tout intervalle de repos, il convient de les enduire de lait de chaux à 5 à 20 pour 100.

1098. Les presses hydrauliques sont souvent accompagnées d'un *accumulateur* ou *compensateur* dont je n'ai pas cru devoir parler : c'est à peu près celui des huileries, et une description en est donnée dans les annonces du Journal. Il est placé le plus près possible des buffets et demande une loge spéciale.

1099. Lorsqu'on veut employer les presses continues, il est bon de les tenir très-rapprochées de la pompe à pulpe et assez en hauteur pour que les jus découlent naturellement jusqu'aux bacs de carbonatation.

Digitized by Google

1100. Dans les fabriques où le jus est amené de râperies extérieures, on doit établir un grand bac d'arrivée des jus pour chaque râperie. La surveillance de ces jus est un intérêt de premier ordre. Le chaulage mal fait dans l'une des râperies amènerait un bouleversement complet dans tout le travail de l'usine pendant plusieurs jours. Il est nécessaire d'étudier continuellement le jus à l'arrivée. Chaque tuyau doit être muni, à l'extrémité qui sort de terre, d'un petit tube-siphon, à robinet, pour faire autant de prises d'essai qu'on le juge utile. On doit reconnaître, le plus souvent possible, la qualité du jus, son chaulage exact, au moins à 1/100 (§ 450) et sa richesse, et cela sur le jus de chaque râperie (§ 773).

J'ai vu les désastres occasionnés par la mauvaise marche d'une seule râperie dont le jus était mêlé sans contrôle avec celui d'autres sources. Ce jus arrivait noir, *acide*, et marquant — 1 degré au saccharimètre (tout corrigé). Malgré le chaulage à 3/100 des autres jus, il était impossible d'obtenir de bonnes cuites, et le travail souffrait dans toutes ses parties. Les moyens de réparer le mal, ordinairement efficaces, ne produisaient aucun bien dans ces conditions. Tous les mauvais effets disparurent aussitôt après la pose du petit tube d'essai que je fis établir et que je recommande avec la plus extrême instance; son prix est presque nul, mais la vérification dont il fournit le moyen est de toute nécessité. Quels que soient le zèle et la capacité du directeur d'une râperie, un mauvais chaulage est toujours possible. La fabrique envoie des sacs de chaux en poudre. Nous avons vu que cette chaux peut être du carbonate pur et l'apparence peut tromper. Le jus lancé dans les tuyaux, sans chaulage réel, y éprouve rapidement une altération complète et cause un dégât qui ne peut être réparé sans faire perdre, ou mal employer, plusieurs journées.

Le bac d'arrivée doit avoir une contenance à peu près égale à celle du tuyau : c'est, en cas d'accident, afin de pouvoir aspirer tout le mauvais jus d'un seul coup. Chaque fois que l'on vide le tuyau pour ce motif, il faut le laver avec du lait de chaux à 4 ou 5 degrés (densimètre).

1101. *Four à chaux* (fig. 160). — Sa hauteur est de 12 mètres.

Digitized by Google

La pierre à chaux est élevée par un monte-charge actionné par une transmission du moteur général. Arrivée sur la plate-forme, elle est versée avec le coke dans la trémie F. Trois foyers maintiennent la température; ils consomment par vingt-quatre heures 35 à 40 hectolitres de coke (lavé, presque exempt de soufre). On défourne toutes les six heures. Outre ce combustible, on verse par la trémie, toutes les trois heures, 3,5 à 4,0 hectolitres de coke mêlés à 25 ou 28 hectolitres de pierre à chaux (à peu près 1 de coke pour 7 de pierre).

1102. Les bacs de chaulage sont placés en contre-bas des presses; leur fond à la hauteur du monte-jus. Celui-ci doit être muni d'un tuyau assez long pour élever les jus aux bacs de *prise en charge* (voy. plus loin *Législation*); il est pourvu d'une sonnette d'avertissement. S'il y a plus d'un monte-jus, il est bon de tenir le second près du premier, etc., pour en donner la conduite à un seul ouvrier (un enfant en général). — Au lieu des monte-jus, si l'on emploie des pompes, ces engins et leur machine doivent être isolés autant que possible pour ne gêner en rien le service des presses.

1103. Le travail du chaulage comprend :

1° Un magasin pour la pierre à chaux (bien couvert).
2° Un four à chaux (fig. 160).
3° Un atelier de chaulage.
4° Deux moulins pour mettre la chaux en lait.
5° Une pompe à lait de chaux, les bacs.
6° Quatre petits bacs de distribution.

1104. Une des questions d'installation les plus controversées, c'est la préférence à donner aux monte-jus ou aux pompes pour transmettre les jus d'un point à un autre. Le monte-jus, dont le fonctionnement paraît très-simple (§ 813), a un inconvénient sérieux. La vapeur condensée à la surface du jus serait d'un poids peu considérable si le liquide demeurait immobile; mais elle arrive avec une impétuosité très-grande et agite la surface en y mêlant l'eau condensée; c'est une cause de dépense notable. On a cru pouvoir recommander les pompes à la préférence des fabricants; ces machines dépensent peu de vapeur, ne mêlent pas aux jus la moindre quantité d'eau à évaporer, elles peuvent élever le liquide à toute

Digitized by Google

hauteur. Mais une pompe est plus coûteuse d'achat que le monte-jus; elle est sujette aux réparations; elle absorbe une quantité de vapeur non pas nulle. Peut-être est-elle préférable dans les cas de grande élévation et de marche très-rapide : c'est un calcul à faire suivant les conditions spéciales de la fabrique. En général un monte-jus est moins onéreux et il est facile de mettre la surface du jus à l'abri des mouvements trop vifs. Il suffit de donner au bout du tube de vapeur une forme convenable pour diviser cette vapeur en plusieurs jets relevés vers la voûte du monte-jus et se brisant l'un l'autre. On peut même tout simplement amener la vapeur lentement en commençant, pour laisser former la couche d'eau pure sur le jus et pousser ensuite rapidement.

1105. *Pompe à jus.* — Elle est menée par une machine à vapeur horizontale, dont la tige prolongée, terminée par une fourche, est articulée au piston P de la pompe, figure 163, au moyen de la clavette G. Le mouvement rectiligne du piston est assuré par deux frottoirs FF′, où sa tête est fixée solidement et qui marche sur les coulisses CC′. L'herméticité de jointure est, comme toujours, fournie par l'étoupe *a a* d'une boîte un peu longue. S est la soupape d'aspiration, S′ celle de refoulement; toutes deux d'un mouvement limité par les arrêts RR′. Le jus, aspiré en J, monte en H par un tuyau de cuivre qui le conduit à destination. La visite des soupapes, en cas de nettoyage ou d'accident, se fait en dévissant les plaques LL′, bien au droit du corps de pompe MM′ établi sur un bâti de fonte B qui porte aussi la machine.

Une pompe dont le piston a $0^m,130$ de diamètre, $0^m,45$ de course, donne 6 litres à chaque coup. La vitesse est ordinairement de vingt-cinq tours : on fait donc marcher 150 litres par minute, 9000 par heure, 216 000 en 24 heures, ou *facilement* 2000 hectol. par jour.

1106. Les bacs à carbonater sont placés sur une même ligne pour faciliter la pose des tuyaux de vapeur et de ceux du gaz des fours : ils doivent être à une hauteur suffisante pour se vider d'eux-mêmes dans les décanteurs, et ceux-ci dans les bacs d'attente du triple-effet. Il faut éviter les monte-jus intermédiaires, surtout dans cette pre-

Digitized by Google

mière partie du travail où les jus sont encore extrêmement altérables en raison de leur faible degré.

Au-dessus des bacs à carbonater, et de deux en deux, doivent être établis de petits bacs de chaulage alimentés régulièrement de lait de chaux à 20/100, par une pompe établie dans l'*atelier de chaulage*. Celui-ci doit être au rez-de-chaussée : on y apporte la chaux du four aussitôt refroidie, et on la met en lait en l'*éteignant* d'abord, dans des paniers métalliques (§ 806), et la broyant ensuite avec un peu d'eau, sous des meules de fonte, dans une rigole circulaire de 3 à 5 mètres de diamètre. On ajoute, peu à peu, assez d'eau pour représenter 4 fois le poids de la chaux *vive*, et former le lait au 1/5 ou 20/100, qu'on reçoit dans des bacs de tôle où tourne sans cesse un agitateur. La pompe aspire dans ces bacs et foule le lait jusque dans les petits bacs de distribution qui nous occupent. Un flotteur placé dans chacun des bacs de distribution arrête le jeu de la pompe en établissant une communication électrique ou un mouvement ordinaire pour agiter une sonnette près du conducteur de la pompe. Enfin, chaque bac de distribution doit contenir un petit agitateur en hélice pour entretenir la suspension de la chaux dans l'eau et l'homogénéité du lait de chaux.

Les abords des bacs de carbonatation doivent être faciles, et le nettoyage, extérieur comme intérieur, susceptible de la plus complète exactitude et de la plus grande rapidité. Le balai doit passer sans obstacle sous les bacs; en un mot, les ouvriers carbonateurs doivent être à l'aise pour leur travail et pour l'entretien parfait du matériel, auquel on doit les astreindre. Aucune perte de jus ne doit être tolérée, surtout avec le déversoir indiqué § 837. Bien entendu, les bacs décanteurs exigent, à plus forte raison, les mêmes soins. Une distribution d'eau froide doit être établie sur les uns comme sur les autres. Une logette pour les seaux, balais, etc., doit être à la portée des ouvriers. Des décanteurs, les jus sont menés, troubles ou non, aux filtres-presses. S'ils sont troubles, et c'est à peu de chose près le cas général, c'est un monte-jus qui les transporte : il doit être en contre-bas des décanteurs et muni d'une sonnette pour avertir de chaque envoi.

Digitized by Google

1107. *Pompe à gaz carbonique.* — Nous en avons déjà donné la coupe verticale au milieu du cylindre et la coupe horizontale (fig. 165), avec les mêmes lettres dans les deux parties.

P est le piston (système Mesnard), à six cannelures, trois près de chacune des bases; sa tige M glisse dans la boîte à étoupes R; son prolongement M', destiné à servir de guide, passe dans une autre boîte semblable K (au travers d'un bout de tube en tôle, d'une longueur égale à la course, pour éviter les chocs dangereux aux allants et venants). L'aspiration et le refoulement ont lieu par les lumières DD', aboutissant sous le large tiroir T, conduit par une tige GL, à prolongement G'L'. Le gaz des fours, lavé comme nous le savons, est appelé par le tube C dans la chambre GG', et foulé d'une manière continue dans le tuyau C', par le jeu du tiroir et par celui du piston. Les mouvements du tiroir ont lieu fonte sur bronze; ils sont aidés par un cadre en fer dont les deux sections montrent avec quelle force il est pressé contre son support SS'. Un graissage fréquent, donné par le tuyau H, dans la rigole U, parvient aisément jusqu'au bronze, et rend les frottements très-faciles. Un corps de pompe du diamètre $0^m,650$, avec piston d'une course de $0^m,7$, donnant 55 coups doubles, peut fouler 2810 mètres cubes par heure, ou 67 440 en vingt-quatre heures.

Cet énorme volume de gaz, préparé dans de bonnes conditions ordinaires, peut être envisagé comme renfermant seulement 20/100 ou 1/5 de gaz carbonique. C'est 13 488 mètres cubes à $1^{kil},98$ le mètre cube. C'est un poids de 26 706 kilogrammes. Et ce poids est suffisant pour carbonater 33 989 kilogrammes de chaux CaO. Or ce poids de chaux suffirait de son côté pour chauler 11 329 hectolitres de jus. Nous pourrions perdre les trois quarts de ce gaz par mauvaise préparation, non-absorption, etc. Nous aurions encore de quoi saturer 2830 hectolitres.

Il est nécessaire, dans ces pompes, de tenir la pression sur le tiroir. On doit donc produire les mouvements du gaz en sens contraire de ceux de la vapeur; aspirer par l'orifice d'échappement, refouler par l'orifice d'admission, ou, en d'autres termes, caler l'excentrique pour commander le prolongement de la tige du piston

Digitized by Google

d'une machine horizontale, comme on le voit dans la vue d'ensemble (fig. 165). Le tuyau de distribution du gaz pourrait être exposé à une très-forte pression dans un moment où les robinets, au-dessus des chaudières de carbonatation, seraient tous fermés. Pour éviter ce danger, le tuyau porte à son extrémité une soupape de sûreté chargée pour une pression de 1 atmosphère 2/10 au plus, soit 2 mètres *d'eau* en sus de la pression atmosphérique. Le jus, dans les chaudières de carbonatation, dépasse rarement 1 mètre. On a donc un léger excès de pression qu'on diminue au besoin en déchargeant la soupape.

1108. Les chaudières de défécation sont placées comme celles de carbonatation, à la même hauteur relativement au triple-effet; ajoutons quelques détails à ceux du § 815; AA'BB' est une partie cylindrique nommée *calandre*, en cuivre rouge, boulonnée sur un fond de même métal A'CB' et sur un faux fond DD' en fonte. Entre les deux fonds est un espace suffisant pour amener la vapeur, en tournant la roue F, tête de clef du robinet H, ajusté sur une conduite générale perpendiculaire au plan du dessin. Cette vapeur trouve une issue en E, d'où elle revient par un tube EE' à une conduite de retour S. L'eau condensée est évacuée par le tube I ouvert ou fermé sous l'action du robinet IK. L'ouvrier commence l'opération en ouvrant le robinet R dont la poignée est sous sa main lorsqu'il se place du côté AA' : ce robinet laisse arriver le jus à déféquer, amené par un tube général F, au déverseur coudé G : en cinq minutes la chaudière est pleine (20 hectolitres). Il ajoute la chaux au lait de D = 1160 à 1210, c'est-à-dire à 20 ou 25/100 de chaux réelle, CaO. — Si la défécation a lieu avec 5 millièmes ou 10 kilogrammes, il verse cinq fois le seau T de 10 litres, représentant 2 kilogrammes CaO du lait à 20/100 dont D = 1160, ou quatre fois le même seau représentant $2^{kil},5$ du lait à 25/100 dont D = 1210. La défécation a lieu en trente ou trente-cinq minutes si la surface de chauffe est de 8 mètres carrés et la vapeur à 5 atmosphères. — Quand l'écume est formée, il enlève un peu de jus dans la cuiller V où il étudie les caractères simples de la bonne défécation, dont nous avons parlé (§ 816). S'il faut ajouter de la chaux,

Digitized by Google

il verse 1 ou 2 seaux de lait calcaire en plus. L'opération amenée à son terme, il ferme l'arrivée de vapeur et abandonne le tout au repos : dix minutes après, le jus étant bien clair, il peut vider la chaudière en faisant agir le levier L sur une roue d'angle O commandant une deuxième roue semblable P, tête du robinet R. — Le dépôt coule le premier ; il est reçu dans un *décanteur*, puis le jus coule très-limpide, on le dirige sur les appareils d'évaporation.

1109. *Filtres-presses.* — Il est nécessaire de les établir à une certaine hauteur par deux raisons : d'abord pour laisser couler les jus par leur propre poids dans les bacs d'alimentation, ensuite pour la facilité du transport des tourteaux jusqu'au dehors de l'usine.

La première condition est avantageuse parce qu'elle rend la filtration facile à diriger sans la préoccupation de l'écoulement des jus. — La seconde est très-importante : la masse des tourteaux est souvent du 1/10 au 1/8 du poids des betteraves ; dans un travail de 100 000 kilogrammes par jour, on a donc à transporter 10 à 12 000 kilogrammes de tourteaux ; ce n'est pas chose indifférente de recueillir cette forte masse dans un wagonnet roulant sous les filtres et pouvant être poussé jusqu'au bout d'un petit chemin de fer, où un simple mouvement de bascule fait décharge totale, le tout presque sans main-d'œuvre, ou de ramasser les tourteaux à la pelle pour en emplir un wagonnet roulant sur le sol et dont il faut faire la décharge, à la pelle encore, à son arrivée près du tas : autre travail où la main-d'œuvre entraîne une dépense très-notable (1).

Les filtres-presses peuvent d'ailleurs être établis sous les décanteurs ou au-dessus ; dans la première position, si le contre-bas est de plusieurs mètres, on peut faire assez commodément la filtration ; on laisse couler le jus trouble par son propre poids d'abord ; la filtration commence par la seule pression de la colonne verticale du jus au-dessus du niveau supérieur dans le filtre presse ; on donne

(1) Lorsqu'on établit le chemin de fer, il est avantageux de l'allonger jusqu'à l'extrémité du terrain consacré au dépôt des écumes et de disposer les wagonnets de manière à produire la décharge en un point quelconque de sa longueur. On donne ainsi au tas d'écume la forme d'un long prisme triangulaire dont la formation coûte le moins possible et dont l'enlèvement est le plus facile.

Digitized by Google

ensuite peu à peu la vapeur afin de pousser la pression au maximum.

La tuyauterie doit être, en général, développée le moins possible; celle des filtres presses doit, surtout, être raccourcie et les coudes à grandes courbures, pour faciliter le passage des jus troubles. Quand on emploie la brique pilée, des courbures trop brusques occasionneraient une légère usure.

La position des filtres pressés, par rapport aux bacs ou chaudières de carbonatation, dépend d'une condition sur laquelle on n'hésite plus guère aujourd'hui : faire passer toute la masse du jus trouble dans les filtres presses, immédiatement et sans décantation préalable. On gagne à cette méthode la suppression des décanteurs et d'une grande partie de la perte de chaleur causée par la décantation. — Le travail est des plus faciles avec la brique pilée (§ 1079).

1110. Les filtres-presses peuvent être établis sur des planchers et non sur le sol : ils ne reçoivent ni ne produisent de secousses; la seule condition à observer est de les placer au-dessus des bacs d'attente du triple-effet. Il faut, d'un autre côté, prendre des précautions contre les pertes de jus en cas de fonctionnement du monte-jus alimenteur, malgré l'obstruction des appareils. Le sol doit être incliné vers un tuyau de descente pour recueillir ces jus et les remettre dans le courant.

Je ne saurais trop rappeler que toute difficulté dans les filtres-presses vient de la viscosité des écumes. Le remède infaillible consiste à détruire cette viscosité par l'addition d'une quantité suffisante de matière sèche ou maigre (brique pilée, calcaire en poudre, etc.), comme nous l'avons déjà dit § 1079. Avec cette addition, jamais la filtration ne subira le moindre retard.

Les écumes sortant des filtres-presses contiennent, comme nous l'avons vu § 856, de 2.70 à 3.68 de sucre normal, soit 3.00 en nombre rond moyen. Dans une fabrique où l'on met en œuvre vingt millions de kilogrammes de betteraves, le poids des écumes peut atteindre dix-huit cent mille kilogrammes, et le sucre perdu cinquante-quatre mille kilogrammes. Si ce sucre pouvait être extrait et purifié sans plus de frais que celui des jus, on éviterait une perte et

Digitized by Google

on trouverait un bénéfice important, environ 37 800 francs. L'extraction à l'état de sucre normal a été tentée de bien des manières et n'a pas produit de résultat valable. Si l'on essaye de délayer les écumes dans de l'eau, pour extraire un *jus* contenant la presque totalité du sucre, on ne peut guère éviter l'inversion presque totale, sous l'influence de l'air, des matières azotées, si abondantes relativement en pareil cas, et on fait de la mélasse qui ne couvre pas les frais du travail. Si l'on emploie même le lavage méthodique, par les raisons que j'ai développées en parlant de la macération, le résultat n'est pas meilleur.

On a essayé de soumettre les écumes à une simple pression hydraulique. 100 kilogrammes peuvent donner ainsi 10 litres de jus à 4°.3 ou 4°.5. Ce jus contient environ deux tiers de sucre et un tiers d'autres matières dans les 10 à 12 centièmes de produits solubles que représente sa densité. Les 10 litres ne renferment donc pas plus de 7 à 800 grammes de sucre, et, en admettant que l'évaporation fournisse une mélasse à 50/100, ces 800 grammes seraient réduits à 400, ce qui n'a jamais lieu. Le traitement de 100 kilogrammes d'écumes ne donne donc aucun rendement satisfaisant. C'est un travail fort éloigné d'être rémunérateur.

On a même essayé de construire des filtres-presses où l'on pût faire succéder la pression hydraulique à la pression de vapeur, d'autres où la pression hydraulique seule était mise en jeu. A ma connaissance, aucun de ces systèmes n'a jusqu'à présent réussi.

La seule marche à suivre consiste à extraire le sucre tel quel par le lavage méthodique, et à traiter ce sucre par notre procédé d'inversion. Les 800 grammes de sucre donnent environ 850 d'inverti que l'alcool rend d'un goût très-acceptable (§ 1078). Les frais sont minimes et laissent un bénéfice ordinaire. Les écumes épuisées ne sont pas moins bonnes comme engrais, au contraire (1). Elles vaudraient donc de 3 à 10 francs les 1000 kilogrammes, comme les écumes non épuisées.

L'atelier des filtres-presses ne représente pas une grande dépense :

(1) Voy. *Journal des fabricants de sucre*, système Corbin, 1874. — Articles Ledocte, 1877.

Digitized by Google

on peut compter à peu près pour 10 millions de kilogrammes de betteraves en 100 jours :

3 filtres-presses	7.500 à 9.000		
2 monte-jus	2.000		
1 tamiseur	400		
	11.400	à 10/000	1140
2 ouvriers, 1000 hect. en 22 heures.	7.50		750
1 enfant au monte-jus du décanteur.	2.00		200
			2190

Soit 0.219 par 1000 kilogrammes de betteraves.

1111. L'emploi du triple-effet, ou des appareils analogues, procure aux fabriques un avantage très-sérieux dans tous les cas où l'eau peut leur manquer : la condensation des vapeurs fournies par les jus procure une masse d'eau énorme. 1000 hectolitres de jus sont réduits dans le triple-effet à très-près au neuvième ; soit, en nombre rond, 800 hectolitres d'eau évaporée. Le reste de l'eau est obtenu, comme nous le verrons, et de la même manière, par la cuite, soit 100 hectolitres. On peut donc recueillir 900 hectolitres d'eau distillée presque pure tirée de la betterave elle-même.

L'eau sort des pompes à air un peu chaude : sa température est très-voisine de 40 degrés. On la refroidit, au dehors, soit en l'abandonnant dans un vaste bassin, exactement étanche, soit en la faisant couler sur un *réfrigérant à fascines*, tout semblable aux *bâtiments de graduation* employés pour la concentration des eaux des salines (je ne crois pas nécessaire de donner le dessin, parce qu'il est facile à trouver dans les Traités de chimie, même les plus élémentaires). Ce réfrigérant permet d'obtenir promptement l'eau froide, mais c'est en perdant une petite partie de cette eau dont l'évaporation est nécessaire pour abaisser la température de la grande masse restante. La partie perdue est un peu plus de 6/100 ; en effet, soit 1000 kilogrammes, ou un mètre cube, la quantité d'eau chaude, à + 50 degrés par exemple, sortant du triple-effet ; x la quantité dont la perte par évaporation est nécessaire ; 10 degrés la température à laquelle on doit descendre, on a :

$$(1000 - x)\,40^{o} = x \times 585$$

Digitized by Google

40 degrés dans le premier membre, parce qu'on veut refroidir de 50 à 10 degrés, c'est-à-dire de 40°;595 dans le second membre, parce que chaque kilogramme d'eau à 50 degrés demande, pour l'évaporation, d'abord 50 degrés pour monter à 100 degrés, puis 535 pour la chaleur latente de vapeur; on trouve $x = 6.4$; pratiquement la perte atteint 8 à 9/100.

1112. Le triple-effet dont j'ai donné la description peut être modifié ou même réduit à un double effet. La question, malgré son importance, ne peut être développée dans un cadre nécessairement restreint; c'est un problème très-complexe, et dont les solutions peuvent être nombreuses. Le moyen de chauffage ou d'emploi de la vapeur par des faisceaux tubulaires n'est pas absolument indispensable. Un habile constructeur d'Arras, Lebanneur, emploie des serpentins doubles autour d'un axe vertical; le serpentin extérieur reçoit la vapeur par le bas; du pli le plus élevé elle passe dans le serpentin intérieur (dont le diamètre est un peu moins grand) et descend pour sortir aussi par le bas. Cette disposition est bonne; elle permet un nettoyage facile et, par conséquent, un chauffage régulier. Probablement on trouverait de l'avantage à chauffer d'un seul côté pour établir dans le liquide un vif courant semblable à celui de nos chaudières à suint (§ 1015); avec cinq serpentins au lieu de sept, le résultat de l'évaporation ne serait pas moindre : on diminuerait un peu le prix d'achat et l'entretien.

1113. On a cherché de l'économie pour la concentration des jus en essayant de remplacer l'évaporation par la congélation (§ 791). Des méthodes puissantes ont été inventées dans ces dernières années et ont ramené vers cette idée fort ancienne. Les expérimentations nouvelles ont prouvé une fois de plus l'impossibilité de tirer parti de ces méthodes lorsqu'on veut obtenir le sucre normal; on sépare bien, du jus, u ne grande quantité de glace, presque pure d'abord, mais peu à peu la glace devient sucrée au point d'occasionner une perte de 8 à 10/100 ou même plus. L'eau provenant de cette glace occasionne l'inversion du sucre qu'elle contient, avec une rapidité extrême, et ne donne plus trace de sucre en grains après l'évaporation

Digitized by Google

et la cuite. Cette méthode ne pourrait servir avec profit que pour notre système de fabrication du sucre inverti (§ 1076) ; la glace contient des sels avec le sucre et donne un produit pour lequel on ne peut pas, en général, éviter l'alcool.

1114. *Réchauffeur.* — Nous n'avons pas insisté sur cet appareil en parlant du triple effet ; il est représenté en AA'R, figure 178, mais il est utile d'en parler maintenant, parce que sa fonction est utilisée dans d'autres circonstances analogues ; c'est un instrument spécial qu'on ne doit pas négliger dans une installation bien faite. Le réchauffeur est un des agents de la condensation utile des vapeurs ; il permet de ne perdre aucune trace de la chaleur fournie par le charbon ; cette chaleur il la recueille en échauffant les jus ou sirops au moment de leur entrée dans les appareils d'évaporation, triple effet ou cuite, ce qui évite toute perte de chaleur et accélère le travail. Au lieu d'un simple tube de sûreté S''T, la caisse **3** du triple-effet, par exemple, est munie du réchauffeur ; c'est un tube ou cylindre, voir p. 314, large et disposé suivant le système des chaudières elles-mêmes ; la vapeur de **3** appelée dans le renflement R passe au-dessus du tube A'R et circule autour d'un grand nombre de tubes verticaux, puis s'échappe en A vers la pompe à air. Les jus défégués, amenés dans la boîte supérieure, coulent par les tubes verticaux dans la boîte inférieure, d'où ils sont extraits, dans le sens de la flèche, et conduits aux bacs d'attente. Ils y arrivent avec la chaleur donnée par la condensation des vapeurs de **3** et conservent cette chaleur, à bien peu près entière, à cause du peu de durée de leur séjour dans ces bacs. L'eau de condensation, dont le niveau se voit toujours dans le tube de niveau placé à droite, peut être enlevée par le tube muni d'un robinet placé à gauche.

Un réchauffeur (ou réchauffeur-condenseur) est un instrument d'économie ; c'est toujours lui qui donne le meilleur moyen d'utiliser les vapeurs et de n'éprouver aucune perte. Il est essentiel d'entretenir la surface intérieure des tubes en état parfait de propreté, pour laisser au métal toute sa conductibilité. Dans un même temps, et pour la même vitesse, la température des jus peut monter à 60 de-

Digitized by Google

grés, ou seulement à 30, suivant l'état de ses surfaces. Le nettoyage est fait aisément en déboulonnant les plaques du haut et du bas, et faisant passer dans les tubes des tampons imprégnés d'eau acide, etc. (§ 883, 2°).

1115. Nous avons donné, § 917 et suivants, tous les détails nécessaires sur la bonne installation des filtres; ajoutons ici deux mots sur leur lavage : le terme du lavage des noirs peut être aisément connu par la méthode hydrotimétrique (§ 464). Après avoir déterminé le titre des eaux destinées au lavage, on trouve ce titre fortement augmenté au premier dégraissage, et on continue l'opération jusqu'à ce qu'il soit revenu au chiffre primitif, à 1 ou 2 degrés près, suivant la qualité voulue pour le noir.

1116. La chaudière de cuite peut être placée à côté du triple-effet sur le même plancher : les sirops filtrés, amenés par le monte-jus des filtres, ou une pompe à sirop, sont reçus dans des bacs d'attente en contre-bas. Il est bon d'avoir une deuxième chaudière à cuire, plus petite, pour les sirops des derniers jets. Cette chaudière a sa pompe à air spéciale, ordinairement conduite par une machine très-forte, employée en même temps pour les turbines et d'autres instruments à fonction intermittente (pompe centrifuge, etc.). Par exemple, une machine de 45 chevaux, trop forte pour conduire 8 turbines qui ne demandent pas plus de 15 à 16 chevaux ensemble, actionne en même temps la pompe à air de la petite cuite pour laquelle 6 à 10 chevaux sont absorbés, la pompe centrifuge qui en prend 8 à 10, etc.

1117. La pompe à air pour la cuite ressemble à celle du triple-effet, mais elle est moins forte. Voici, par exemple, les rapports :

	Triple-effet.	Cuite.
Diamètre du cylindre.....	0.650	0.456
Course du piston.....	0.700	0.800
Diamètre du tuyau d'appel.....	0.370	0.300
Diamètre du tuyau d'injection.....	0.100	0.085
Nombre de tours par minute.....	40	20
Force en chevaux.....	25	15

Digitized by Google

Les bâches à eau surmontent les cylindres dans les deux pompes et déversent leurs eaux dans un même bac, d'où elles sont envoyées au *rafraîchissoir* (réfrigérant à fascines, etc.).

1118. Une expérience simple permet de constater l'action des sels de chaux pour rendre les cuites dormantes : il suffit d'évaporer dans le vide une solution de chlorure de calcium. Lorsque le chlorure a atteint la composition $CaCl + 6HO$, la distillation n'a plus lieu même à + 182 degrés.

1119. La cuite des sirops de 2e, 3e... jets rend utile une installation spéciale dont je dois dire quelques mots.

Les sirops de chaque jet fournis par les turbines sont réunis par les pompes à sirops dans des bacs de 50 à 60 hectolitres placés près des chaudières à cuire. Il y a peu de différence dans le travail de cuite; pourtant le degré de chaleur est de moins en moins élevé.

Les emplis doivent être isolés pour chaque jet. A mesure que le travail général s'avance, les produits sont de plus en plus déliquescents, le sirop de 4e jet plus que celui de 1er, etc. La température des emplis doit donc être plus élevée. Par exemple, il convient de donner

30° à 32° à l'empli de premier jet,
35° à 40° à l'empli de deuxième jet,
40° à 50° à l'empli de troisième jet.

En général, on tient ceux de 4e jet pour mélasse et on ne les cuit plus.

La chaleur extérieure ne pénètre pas rapidement les masses d'empli, souvent contenues dans des bacs de 1200, 1500, 2000 hectolitres et plus. On trouve utile de les chauffer intérieurement en y plongeant une sorte de réchauffeur cylindrique où passent les vapeurs perdues, et dont on change la position à plusieurs reprises.

1120. L'atelier des turbines doit être placé en contre-bas de l'appareil à cuire. Le vidage de cet appareil est fait au moment même où la cuite se termine, et la masse cuite doit couler naturellement dans un grand bac rafraîchissant, si le turbinage est fait presque immé-

Digitized by Google

diatement, ou distribué dans les bacs d'empli si la masse doit être abandonnée quelque temps à elle-même.

Les turbines sont placées l'une auprès de l'autre en ligne droite si leur mouvement est commandé par une machine unique, en ligne droite ou courbe si chacune d'elles a un moteur spécial comme la turbine Buffaud, dont je n'ai pas cru nécessaire de donner la description. Lorsque le moteur est unique, il est bon de disposer la commande de manière à pouvoir donner ou arrêter le mouvement de chaque turbine à la volonté du turbineur et très-rapidement. Les turbines sont des appareils dangereux (§ 971). Tant que la masse dont on les charge est régulièrement appliquée sur le panier, leur mouvement s'effectue sans gêne, et, malgré la vitesse, aucune oscillation autour de la verticale, aucun *dansement* ne peut se produire; mais, dans le cas contraire, le danger est grand. Lorsqu'une turbine danse, elle peut en un instant ne plus résister aux irrégularités de la force centrifuge, et se briser, soit le panier seul, qui est arraché, puis lancé au loin avec une force énorme, soit le panier, ou tambour, et les fragments de la cuve fracassés l'un par l'autre et projetés comme les fragments d'un obus colossal; souvent le danger est annoncé par un bruit si terrifiant que les ouvriers, saisis d'une panique (trop facile à comprendre), se sauvent où ils peuvent et perdent toute présence d'esprit. On doit multiplier soigneusement les moyens d'éviter tout accident et d'y remédier en tous cas. Il faut d'abord procurer aux turbineurs la facilité de verser régulièrement la pâte sortant du moulin : ce n'est pas assez de rendre cette pâte assez fluide et assez homogène : il faut placer sur la turbine une barre de fer assez forte pour soutenir le bassin de masse cuite et ne pas exposer les hommes à laisser le bec de ce bassin toucher le tambour, s'il est déjà en mouvement.

Si, malgré la bonne distribution de masse cuite, l'accident menace de se produire, cela ne peut tenir qu'à deux causes : ou à un défaut des pièces de la turbine, ou à une introduction de quelque corps étranger. Les turbines mal conduites peuvent être détériorées rapidement aux points de rotation, et ce défaut suffit pour occasionner des soubresauts : il est nécessaire de faire la réparation sur-le-

Digitized by Google

champ. Si la turbine danse par suite de la chute d'un corps étranger, le remède unique, c'est l'arrêt du mouvement. Il est donc indispensable de faire tenir en parfait état le frein IJ (fig. 208), et, en outre, pour le cas où cette ressource manquerait, soit par accident, soit par l'abandon des ouvriers épouvantés, de mettre à leur portée les robinets du tuyau de vapeur amenée à la machine : l'un de ces robinets à l'intérieur de la *purgerie*, l'autre au dehors, pour pouvoir arrêter le dégât à l'abri de tout danger.

La machine unique destinée aux turbines remplit assez mal son but si le chef de la purgerie ne veille pas avec soin à la répartition constante du travail, c'est-à-dire à ce que la moitié des turbines soit en mouvement pendant que l'autre moitié est en repos. Cette condition est nécessaire. Si toutes les turbines travaillaient en même temps, pour se reposer toutes à la fois, l'inégalité de ce travail rendrait l'usage de la machine très-imparfait. Lorsqu'on met l'une d'elles en route avec la charge de pâte, le premier effort est assez grand pour amener une diminution de la vitesse des autres. Il y a là des causes d'inégalité de mouvements très-mauvaises pour le clairçage en lui-même et pour le fonctionnement de la machine.

L'idée d'appliquer un moteur spécial à chaque turbine est logique; malheureusement ce système a de très-grands inconvénients : il multiplie les distributions de vapeur. En cas d'accident au moteur, la turbine est hors de service, etc.

Le moteur unique est certainement préférable, et il suffit de lui donner la force convenable, ainsi que les moyens d'entretenir cette force avec toute régularité : double volant, détente variable, etc.

1121. Frémaux (1) a eu l'heureuse idée de remédier à un inconvénient notable du turbinage; le sirop lancé contre les parois de la cuve est parfois rejeté sur le tambour et s'oppose à la rapidité du clairçage. Il suffit de garnir la cuve à l'intérieur d'une chemise en tôle, portant des directrices nombreuses au bas desquelles règne un petit canal d'égouttage; ces directrices suffisent pour éviter tout

(1) *Les Mondes*, 14 juillet 1877.

Digitized by Google

rejet, et l'on obtient ainsi le clairçage plus rapide avec augmentation d'à peu près 5/100 du rendement en grains.

1122. Le sol de la purgerie doit être parfaitement uni et imperméable : les dalles de granit peintes au bitume, le ciment de Portland sur bon béton, donnent le meilleur usage (1).

1123. Le sol à l'intérieur de la purgerie, comme de la fabrique, doit être imperméable : ciment de Portland, bitume, dalles en pierre très-dure, exactement jointoyées au bitume ou au ciment romain. Une pente légère, 4/1000 environ, ménagée pour l'écoulement des eaux dans un puisard, est nécessaire. Il faut pouvoir laver à grande eau toutes les impuretés de nature à produire les altérations nommées fermentations, même sur le sol, d'où elles se communiquent promptement aux bacs et aux autres instruments de la fabrication.

1124. Le turbinage des cuites de divers jets ne peut pas être fait d'une manière uniforme. Les masses de 1er jet sont en général

(1) Il importe de conserver les paniers des turbines, pendant les longs intervalles de service, à l'abri de toute destruction; une cause bien plus puissante qu'on ne croirait mérite d'être signalée : des paniers en fil de laiton suspendus à un mur, *dans un courant d'air*, paraissaient hors de toute atteinte; au bout de quelques mois, la toile métallique, les fils de laiton étaient devenus friables au point de ne pouvoir plus servir. Le courant d'air passait sur les latrines avant d'arriver aux paniers; les vapeurs sulfhydriques avaient converti le métal en sulfure à une profondeur suffisante pour le rendre pulvérisable entre les doigts. C'est facile à comprendre; c'est heureusement bien facile à éviter; mais il est bon d'être averti.

Il est inutile d'insister sur les soins à donner au point de vue mécanique : la crapaudine doit toujours être remplie d'huile; toutes les pièces de frottement ne peuvent jamais être dépourvues de graisse. En un mot, les turbines sont, plus que tous les autres agents mécaniques, impossibles à bien gouverner sans une attention continuelle et un bon entretion de l'état des pièces et du graissage.

Le nombre des turbines est ordinairement de trois pour 1000 hectolitres de jus par jour. Il convient d'en avoir une en plus du nécessaire pour ne pas être arrêté dans le cas d'accident. On peut admettre pour :

1000	hectolitres...	4	turbines	(3	nécessaires,	1	en supplément).
2000	—	6	—	(5	—	1	—	).
2500	—	8	—	(7	—	1	—	).

Digitized by Google

sèches ou *maigres;* elles supportent le clairçage avec facilité : le grain y est assez gros, très-solide, et résiste même à la vapeur. Il n'en est pas de même des cuites de 3e et surtout de 4e jet dans les meilleures années, et avec le meilleur travail le rendement n'en est jamais fort. Dans les années mauvaises, il arrive qu'on n'en tire pas de grain et que tout passe à la turbine.

On obtient un peu de sucre en laissant les masses d'empli plusieurs mois livrées à elles-mêmes, et irrégulièrement chauffées : c'est surtout pour elles que la méthode dont j'ai proposé l'emploi § 958 peut être utile. On arrive peu à peu, dans tous les cas où la cristallisation peut être obtenue, à former dans un même bac trois parties distinctes pour la grosseur et la *nervosité* des cristaux. A ce point de vue,

La première est la région moyenne à 1/2 ou 2/3 de la hauteur,
La deuxième est la région inférieure,
La troisième est la région supérieure.

Tout ceci, bien entendu, sans règle bien précise; car il n'est pas rare, avec une matière première aussi complexe que la betterave et des substances aussi variables que les éléments du sucre inverti, de voir les prévisions, les plus logiques en apparence, complétement discordantes avec les faits. Tantôt un deuxième jet rend à la turbine 40, 45, 50 kilogrammes de grain par hectolitre de masse cuite, tantôt il en fournit seulement 10 à 12, etc.

1125. La vapeur des monte-jus est employée au chauffage, tantôt des bacs de carbonatation, tantôt des emplis, etc.

1126. Avec l'installation générale dont on vient de lire les détails, on peut arriver au résultat suivant, l'un des meilleurs en France :

Sur.....	100.000 kilogr. de betteraves,
on peut ne pas ajouter plus de..	18.000 kilogr. d'eau,
et obtenir.....	118.000 kilogr. pulpe râpale.

De cette pulpe on tire :

Digitized by Google

	POIDS		RENDEMENT				
	de l'hectolitre.	des produits partiels.	pour 100 de betteraves.	pour 100 volumes de jus.	par hectolitre de masse cuite.	en sucre.	en mélasse.
Pulpe	»	20.000	20.00	»	»	»	»
Jus travaillé 98.000 kilogrammes, ou 942.3 hectolitres	104.0	»	98.00	»	»	»	»
Eau évaporée (triple-effet)	»	79.600	»	»	»	»	»
Sirop 18.400 ou 151 hectolitres	117.2	»	18.4	16.66	»	»	»
Eau évaporée (cuite)	»	8.845	»	»	»	»	»
Masse cuite 1er jet 1/2.4 du sirop 95.55 k., ou 65.45 hect.	146.0	»	9.55	6.95	»	»	»
Sucre 1er jet	»	4.581	4.58	»	70 k.	4581 k.	»
Sirop pour 2e 4974 kilogrammes	142.0	»	»	»	»	»	»
Eau évaporée 1/10	»	497	»	»	»	»	»
Masse cuite 2e jet 4477 kilogr., ou 30.53 hectolitres	145.0	»	4.48	3.24	»	»	»
Sucre 2e jet	»	1.374	1.37	»	»	1374	»
Sirop pour 3e 3103	142.0	»	»	»	»	»	»
Eau évaporée 1/10	»	310	»	»	»	»	»
Masse cuite 3e 2793 kilogrammes, ou 19.26 hectolitres	145.0	»	2.79	2.04	»	»	»
Sucre 3e jet	»	289	0.29	»	»	289	»
Mélasse (pour distiller) 17.63	142.0	2.504	2.05	1.9	»	»	2504
		118.000				6244	2504

ou en résumé : 6.244 sucre pour 100 de betteraves.
2.504 mélasse — —
7.748

La mélasse n'est que $\frac{2.504}{6.244} = \frac{40.10}{100.00} = \frac{1}{2.494}$ du sucre.

Digitized by Google

Les divers produits ont présenté les rapports suivants :

		Degrés.	Poids de l'hectolitre.
Jus des presses préparatoires		4.1	104.1
Jus des presses hydrauliques		4.0	104.0
Jus sortant des filtres à noir	chauds (50°)	1.4	101.0
	froids (20°)	3.4	103 4
Sirops sortant des filtres	chauds (40°)	16.0	116.0
	froids (20°)	17.2	117.2
Masse cuite premier jet		41.7	141.7
Masse cuite deuxième jet		43.0	143.0
Masse cuite troisième jet		42.5	142.5
Masse cuite quatrième jet (pour distiller)		42.0	142.0

1127. Donnons en terminant le tableau général de l'installation d'une fabrique pour 25 millions de kilogrammes de betteraves.

Nous supposerons quatre râperies, une dans la fabrique, trois au dehors.

Quatre bascules avec lavoir d'essai;
Quatre râpes et quatre de rechange (et accessoires);
Seize presses hydrauliques, claies, sacs, etc.;
Quatre pelleteurs;
Quatre presses préparatoires;

[ou en cas de presses continues :

Quatre pompes à pulpe;
Douze presses (huit de première, quatre de deuxième)];
Trois pompes à jus dans les râperies;
Trois séries de tuyaux souterrains;
Trois bacs d'arrivée des jus extérieurs;
Huit bacs de chaulage;
Quatre pompes ou monte-jus;
Huit bacs de prise en charge;
Un four à chaux;
Un laveur à gaz;
Une pompe à gaz du four pour carbonater;
Six chaudières de carbonatation de 35 hectolitres;
Six bacs décanteurs;
Un monte-jus pour les écumes;
Six filtres-presses;
Quatre filtres à noir;
Deux fours à noir;
Un laveur;

Digitized by Google

Un triple-effet de 2500 hectolitres et réchauffeur ;
Une pompe à air et sa machine;
Une pompe à jus;
Une pompe à sirop;
Deux bacs à jus et deux bacs à sirop;
Deux chaudières à cuire (inégales) et réchauffeur;
Deux bacs rafraîchisseurs;
Un moulin à masse cuite;
Six turbines;
Une machine motrice générale;
Une pompe centrifuge;
Un réfrigérant à fascines et un bassin de 2500 mètres cubes ;
Deux pompes à eau (de puits, rivière, etc.);
Six générateurs de 80 chevaux;
Deux meules pour le lait de chaux (1);
Un ballon d'alimentation;
Une petite usine à gaz;
Bacs d'empli, de réserve, de lavage des sacs, etc.;
Un magasin à sucre;
Un magasin général;
Un atelier de réparation.

1128. *Pertes de sucre.* — Examinons maintenant cette question intimement liée à la bonne installation de la fabrique. En France, les betteraves contenant en moyenne 10/100 de sucre normal ne produisent pas plus de 5.5 sucre en grain et 3 de mélasse correspondant à 2 de normal. — On extrait donc au plus 7.5 de ce sucre et l'on en perd 2.5. Cette perte est énorme ; il faut donc en examiner la cause et les moyens de la diminuer s'il est possible.

La plus grande partie est perdue dans la pulpe. Dans le meilleur travail on fait 20/100 de pulpe, c'est à peu près 12/100 de jus abandonné ou 1.2 de sucre perdu. Si la pulpe s'élève à 26.27 28/100, c'est 16.8 de jus ou 1.68 de sucre perdu. Reste seulement 0.82 pour les autres pertes. Celles-ci se font pendant le cours du travail. Les dépôts de carbonatation, ou écumes, et le noir sont les véhicules du sucre perdu. Laver les écumes d'une part, et le noir de l'autre semble un remède tout naturel et très-simple ; mais il ne faut pas le

(1) L'une pour la brique pilée quand on emploie le procédé des dépôts mixtes (§ 1079).

Digitized by Google

croire et c'est une occasion de plus où il faut rappeler combien l'action de l'eau sur le sucre est destructive surtout dans les conditions dont il s'agit. Le lavage des écumes, celui des noirs surtout, ne peuvent donner aucun résultat valable au fabricant désireux d'obtenir du grain. Le seul mode de lavage convenable pour atteindre ce but, serait un lavage à l'eau de chaux, très-difficile dans le cas des écumes, presque impossible dans le cas du noir. En parlant ainsi, je n'envisage que les difficultés mécaniques ou chimiques en elles-mêmes; je ne parle pas du côté financier par où nous trouverions ce lavage trop onéreux.

Une méthode unique sera praticable lorsque notre procédé d'inversion (§ 1076) aura reçu son entière consécration. Le lavage de toutes les matières sucrées, pulpes, écumes, noirs, ne sera plus un problème; bien loin de craindre, en cette méthode, un commencement d'inversion, plus ou moins développé, nous le souhaiterons comme un premier pas, *sans dépense*, vers le but nouveau. Les liqueurs, même très-étendues, chauffées avec une minime quantité d'acide et purifiées comme nous l'avons vu § 1078, donneront à un prix acceptable, non pas du sucre normal, mais un inverti d'une bonne saveur, très-sucrante et très-agréable.

1129. En dehors des causes qui viennent d'être indiquées, et des pertes *par destruction* du sucre normal, il existe d'autres causes *par omission*, moins efficaces mais pourtant sensibles. Ce sont les pertes de betteraves, de jus, de sirops, etc. — Celles-ci peuvent être diminuées et réduites presque à zéro avec du soin et de l'ordre : on ne saurait trop les recommander à l'attention du directeur d'usine. Les négligences les plus légères, en apparence, ont des suites toujours importantes. L'un perd des betteraves, l'autre de la pulpe, celui-ci du sirop, celui-là des écumes et, pour un observateur attentif, il est parfois évident que ces pertes atteignent un chiffre sérieux. J'ai vu offrir à un fabricant, très-habile pourtant au point de vue de son art, 25 000 francs par campagne pour le droit de glanage dans sa fabrique : ce n'était pas une plaisanterie, c'était une offre sérieuse et je crois que le demandeur n'aurait pas fait mauvais marché. Les

Digitized by Google

plus grands succès dont j'ai été témoin étaient tous obtenus dans les fabriques bien dirigées où régnait un ordre absolu.

C'est surtout à cette qualité du directeur que sont dus les résultats cherchés dans toutes les fabriques, les forts rendements. A richesse égale des betteraves, tel obtiendra 5.5/100 quand son voisin ne dépassera pas 4. C'est une perte assez grande pour causer la ruine de la fabrique. 1.5 de sucre en moins, c'est 15 000 kilogrammes par million de kilogrammes de betteraves ou, en moyenne, 9000 francs de moins. D'ailleurs le sucre obtenu dans de telles conditions est toujours inférieur; les mélasses le sont encore plus et personne, dans la fabrique, n'a le cœur content.

Les auteurs recommandent de faire l'analyse de tous les produits pour diriger la fabrication; c'est, en effet, nécessaire, mais l'analyse fait voir les mauvais produits et ne les empêche pas si le soin manque. L'analyse des betteraves est indispensable, car il faut la matière première la plus riche; une fois sûr de ce point de départ, le fabricant peut éviter les autres analyses de produits. Il lui suffit de tenir sa fabrique en bon ordre, propre, disposée de manière à éviter toute gêne et tout retard dans le travail, à faire aimer la fabrique par les ouvriers.

1130. Sous ce rapport on doit comprendre l'immense avantage de mon procédé de conservation. Une fois les citernes remplies de jus chaulés, une seule analyse fait connaître la richesse de ces jus. Au lieu d'étudier, chaudière par chaudière, le jus de chaque jour, cette unique analyse permet de juger toute la matière première de l'année d'un seul coup. On peut consacrer du temps à une détermination si importante puisqu'elle n'aura pas à être répétée. La première chaudière carbonatée, toutes les autres seront semblables. Les évaporations, les cuites, toutes les parties du travail seront les mêmes. Il n'est plus besoin d'analyses continuelles: on est assuré d'avance d'une invariabilité complète des résultats. Cet avantage, à lui seul, représente un chiffre supérieur à celui de la dépense des citernes.

1131. Parmi les pertes de sucre, il en est une qui mérite de l'attention par plusieurs motifs: c'est celle de la projection du sucre par les

Digitized by Google

liquides bouillants et de son entraînement dans les eaux de condensation. Dans toute ébullition vive, comme celles du triple-effet ou des cuites, les bulles de vapeur lancées hors du liquide forment, avec une petite quantité de ce dernier, une sorte de *ballon* qui crève brusquement et projette verticalement une partie de son enveloppe réunie en goutte (§ 886). Ces gouttes sont, en grand nombre, entraînées dans le torrent de la vapeur, et malgré les précautions prises contre cet entraînement (§ 869), une partie va presque dans les pompes à air et reste dissoute dans l'eau condensée. Par elle-même cette perte n'est pas très-forte et n'aurait pas grand intérêt; mais elle a des suites fâcheuses dont il faut être averti. Les *eaux de retour* sont, comme le nom l'indique, ramenées au générateur et le sucre qu'elles contiennent se trouve alors placé dans les conditions dont nous avons parlé §§ 14 et 35. La dissolution du sucre ne tarde pas à se concentrer et à subir l'effet d'une température de 153 degrés. Il s'y produit de l'acide formique et de l'acide pentabéfique $C^{10}H^8O^4$ (§ 35). Une partie de l'eau se dessèche au-dessus du niveau dans les générateurs et donne de l'acide hexaféfique (ulmique) $C^{12}H^6O^6$, du caramélin $C^{12}H^4O^4$ et de l'acide diédique (acétique) $C^{12}H^4O^4$ (§ 14). L'acide hexaféfique (1) se dépose en une boue brune et finit par obstruer les bouilleurs, causer leur brûlage et nécessiter leur renouvellement. Il est de toute nécessité de veiller à l'arrêt complet des gouttes sucrées avant l'entrée des vapeurs dans les pompes à air.

1132. Cet entraînement des gouttelettes formées dans le triple-effet, ou la cuite, par la rupture des bulles de vapeur à la

(1) Il est entièrement soluble dans l'ammoniaque, brûle avec une grande facilité, comme l'amadou, et laisse une cendre gris rougeâtre (CaO,Fe^2O^3). La dissolution ammoniacale ne précipite pas par les acides (est-ce un isomère?), elle est brune et donne par évaporation un résidu énorme devenant facilement noir, brûlant comme le dépôt lui-même et laissant une cendre abondante. — L'eau des générateurs produit, dès les premiers moments de l'évaporation, un anneau brun noir, tournant plutôt au vert qu'au rouge, et une écume épaisse. A siccité, la masse devient noire et se couvre, à la surface, d'une couche d'un bleu magnifique. — L'eau de retour, évaporée dans le laboratoire, jaunit pendant l'évaporation, forme un léger dépôt, noircit brusquement à sec; le dépôt brûle avec de petites étincelles.

Digitized by Google

surface du liquide est une des grandes causes de perte du sucre; Ledocte a mesuré ces pertes tout récemment et les évalue à :

63k.348 par vingt-quatre heures dans un triple-effet,
32k.270 par vingt-quatre heures dans la chaudière de cuite pour 55 hectolitres de sirop.

Ces nombres appliqués au travail de cent jours, sur 90 hectolitres de masse cuite par jour, deviennent :

Dans le triple-effet.....	6.334	kilogrammes.
Dans la cuite.....	5.098	—
Total.....	11.432	kilogrammes.

Et l'auteur croit que ce chiffre pourrait être doublé si l'on comptait les parties entraînées violemment dans les moments d'ébullition brusque et tumultueuse (1).

1133. Les publications de ce qui se fait en Allemagne ont donné récemment une preuve accablante du danger de la diffusion (macération, etc.) employée pour obtenir *tout le sucre*. Les appareils sont le théâtre d'explosions, dues au gaz inflammable dont la production fréquente ne peut avoir lieu sans une altération profonde du sucre normal. — Un extrait de la conférence des fabricants et chimistes allemands est dû au lecteur :

« Greiner, directeur de la fabrique de Schœppenstedt, a eu deux explosions, déterminées par l'approche d'une lampe tenue par l'ouvrier qui venait, à la fin du travail, visiter l'appareil. Dans un autre cas, un ouvrier sortit du diffuseur en se plaignant du « mauvais air » qui régnait dans le récipient. On approcha une lampe et l'inflammation des gaz eut lieu aussitôt. — Cela eut lieu dans d'autres usines encore. »

Scheibler a examiné le liquide éclairci « *après la fermentation* », il a trouvé « une sorte de gomme précipitable par l'alcool, de la » mannite et du sucre de lait. La mannite peut être cristallisée par » évaporation. »

(1) *Journal des fabric. de sucre*, 23 mai 1877.

Digitized by Google

Sauf le sucre de lait dont Scheibler est le premier à parler, les autres corps sont ceux de la fermentation dite lactique dont nous avons étudié les détails (§ 666). Il est donc bien certain que le sucre est altéré très-profondément dans les diffuseurs par le fait même de la diffusion.

Il semble que cette altération peut prendre des proportions énormes, car le docteur Dohn a vu le disque en tôle perforé des diffuseurs « rongé comme s'il eût séjourné dans un acide » (1).

Je ne puis quitter ce sujet sans dire un mot des appareils de macération, diffusion, etc. S'ils ne pouvaient être employés que pour la fabrication du sucre normal, je n'y reviendrais point.

1134. Les betteraves gelées viennent d'offrir une preuve bien évidente du côté vicieux de la diffusion : mises en travail, dans les diffuseurs, elles ont « donné des explosions » ; une flamme bleue de 13 à 16 centimètres apparaissait, à tous les robinets d'air de la batterie, à l'approche d'une lampe ; une odeur pénétrante de beurre rance se faisait sentir. Ces phénomènes ont fait croire à une fermentation butyrique et, par suite, à un développement d'hydrogène. La fermentation prendrait naissance dans la betterave avant l'introduction dans les diffuseurs ; les arrêts dans le travail viendraient l'accélérer. L'eau employée n'avait jamais servi : elle était filtrée au préalable sur un filtre à charbon (2).

On me reprocherait, je crois, le moindre commentaire.

1135. Dans le cas de la fabrication du sucre inverti, les appareils de macération ou diffusion peuvent, toutefois, rendre service : leur installation est suffisamment indiquée § 765.

1136. Terminons par quelques remarques de détail qui peuvent trouver place dans ce chapitre.

L'ammoniaque développée dans plusieurs phases du travail peut être enlevée d'une manière assez simple. Cuisinier et Leplay conseillaient l'emploi du sulfate de fer au moment du chaulage

(1) *Journal des fabricants de sucre*, 6 décembre 1876 et 11 avril 1877.
(2) Bauer, *Journal des fabricants de sucre*, 21 février 1877.

Digitized by Google

avant ou après la carbonatation. Il faut opérer en vases fermés pour amener les vapeurs, par le jeu de la pompe à air, dans un appareil d'absorption.

Le sulfate de fer, $SO^3.FeO.7HO = 139$ peut être obtenu à 3 francs les 100 kilogrammes; il donne, avec l'ammoniaque, $SO^3H^3AzHO = 66$, presque exactement moitié de son poids de sulfate d'ammoniaque vendable aisément à 45 ou 50 francs. Chaque équivalent d'ammoniaque (17 kilogr.) peut fournir 66 kilogrammes de sulfate, soit, à 45 francs, 29^{fr},70 avec une dépense de 3 francs et un peu de main-d'œuvre. Cuisinier et Leplay comptent 300 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque par 1000 hectolitres de jus, ou un peu plus de 120 francs de bénéfice. Malheureusement, il faut de la main-d'œuvre, quelques appareils et la préoccupation, dont on ne peut s'abstenir pour une industrie latérale. Jusqu'à présent, personne, à ma connaissance, n'a fait ce travail.

On l'a essayé dans les appareils Lebanneur en amenant un petit filet d'une solution de sulfate à 1 ou 2 degrés (densimétriques) dans le tuyau d'arrivée des vapeurs. L'oxyde de fer précipité se trouve entraîné avec l'eau de condensation, où le sulfate d'ammoniaque est dissous. Son passage dans les pompes à air est une cause assez active d'embourbement des bassins et du réfrigérant à fascines. On a dû y renoncer.

1137. Faut-il une installation spéciale pour le travail de la canne ? Évidemment oui. Nous avons vu que le pressurage ne peut être exécuté de la même façon. Mais une fois le jus de la canne obtenu, le reste de l'installation diffère très-peu.

La question de savoir si le sucre de canne peut être obtenu aussi facilement que celui de la betterave est depuis longtemps résolue. Avant 1842, un fabricant de Bourbon, Vincent, a fait du sucre brut d'une qualité égale à celle du plus beau sucre raffiné (1). Depuis, beaucoup de planteurs ont obtenu les mêmes résultats; il a suffi de veiller avec soin à l'exécution de toutes les conditions nécessaires. Préservation des cannes contre toute altération, défécation

(1) Peligot, *Rapport*, p. 90.

Digitized by Google

avec de bonne chaux, cuisson à la vapeur et dans le vide. Avec un tel ensemble, jamais le résultat n'est mauvais. Il importe aux fabricants de sucre de canne de bien se pénétrer d'une vérité tout à fait indiscutable. Leur matière première, le vesou, est le jus sucré dont le travail est le plus facile. Les insuccès ne tiennent pas aux principes élémentaires de ce vesou, mais uniquement au mauvais emploi qu'on laisse faire de ce liquide, en lui-même supérieur à tous les autres. Il est nécessaire, mais il suffit, pour en tirer des produits abondants et de qualité fine, de veiller à bien remplir le court programme dont nous venons de donner les termes ; ne pas couper les cannes avant la maturité, mais plutôt un peu au delà, les traiter par les méthodes dont nous avons donné les détails, tel est le procédé bien assuré d'une réussite complète.

Digitized by Google

CHAPITRE XVI

FABRICATION DU SUCRE CANDI

1138. La fabrication du sucre candi est un mode spécial de raffinage ; mais à ce point de vue elle ne présente rien de bien particulier. C'est plutôt par les détails d'installation qu'elle mérite l'attention du lecteur. Sa place à la suite de l'installation générale est donc naturellement indiquée.

1139. *Sucre candi.* — C'est du sucre à gros grains, dont les dimensions sont de huit à dix fois celles des grains ordinaires et font le principal attrait pour le consommateur qui croit y trouver les plus grandes garanties de pureté. La netteté des formes, la limpidité des cristaux, produisent presque forcément cette impression. Il faut pourtant le dire : c'est une véritable illusion. Le candi le plus beau, le plus incolore, peut être inférieur, au point de vue de la pureté réelle, à certains raffinés. On le comprend aisément lorsqu'on compare les procédés de fabrication. Le candi est un assemblage de cristaux formés au sein d'un liquide et dont les lamelles peuvent emprisonner un peu de ce liquide avec toute son impureté, sels, inverti, matières organiques, etc. Le raffiné, provenant des meilleures fontes et claircé avec un sirop de bon sucre, peut ne pas retenir autant des mêmes matières et représenter, mieux que le candi, l'*espèce* sucre normal.

1140. Dans la pratique on suit plusieurs méthodes peu différentes ; en voici le résultat (pour tout ce qui va suivre, j'ai trouvé de nombreux renseignements dans le travail de G. Flourens, que

Digitized by Google

l'auteur a bien voulu me communiquer) : 1° Du sucre brut, mais de bonne qualité, est fondu, comme pour le raffinage ordinaire, dans de l'eau de *dégraissage* des filtres, ou de l'eau pure. On le clarifie avec le sang et le noir, à l'air ou dans le vide ; cette dernière condition est bonne lorsque les sirops peuvent être oxydés facilement (§ 1049). Le sirop est passé tel quel, avec les écumes, dans les filtres Taylor, et donne la *clairce* qui est passée sur du noir en grains avant de la cuire. Le noir est employé dans un filtre fermé, très-analogue à celui du § 921, et le sirop y coule d'une certaine hauteur ; c'est-à-dire avec une pression de plusieurs mètres, qui facilite la décoloration et le filtrage. La clairce est cuite dans le vide ou à l'air. Lorsqu'on fait usage du vide, il est bon de la réchauffer avant de la conduire à l'empli. Dans tous les cas on mesure sa concentration au point de cuite pendant son ébullition. Le densimètre est le moyen le plus exact ; le thermomètre l'est presque autant ; la preuve au soufflé n'est pas aussi bonne : faite par les cuiseurs les plus exercés elle donne des résultats différents.

La concentration adoptée correspond à l'ébullition, sous la pression de l'air, 110 à 112 degrés ; le degré densimétrique 36 à 40, ou à froid (+ 15°) 42 à 45 degrés ; moins le sucre brut est pur, plus il faut élever le degré de la cuite.

Pour obtenir la cristallisation, on verse la cuite dans des vases de cuivre tronconiques (la plus petite base au fond), traversés par des fils destinés à servir de siége aux cristaux. Ces fils passent dans des trous dont les parois sont percées : on les conduit à l'aiguille et, lorsque tout le réseau est achevé, on les maintient en collant du papier sur le dehors des cristallisoirs, ou revêtant ce dehors d'une couche de pâte argileuse dont on attend la dessiccation. La grandeur des cristallisoirs n'est pas la même partout. A Nantes ils ne contiennent pas plus de 20 kilogrammes de masse cuite ; dans nos départements du Nord, ils vont à 35 kilogrammes, en Belgique à 42 ou 45.

On range les cristallisoirs, l'un contre l'autre, en étages, sur des madriers, dans l'étuve ; leur nombre varie de 100 à 300 : l'entrée des vases et leur sortie ont lieu par des portes doubles dont on calfeutre les jointures avec soin pendant l'étuvage. On chauffe à la vapeur

Digitized by Google

comme pour les pains (§ 1048); huit à neuf jours suffisent ordinairement pour les candis blancs; douze à quatorze pour les candis communs (1). On enlève les cristallisoirs pour les soumettre à la décantation : la surface de la *pâte* est couverte d'une croûte cristalline : tantôt formée de cristaux aplatis nommés *platine* ou *maillettes*, dont la situation est verticale, ce sont ceux des candis blancs; tantôt constituée de petits cristaux entremêlés, comme ceux du sucre en pain, et dont on ne peut tirer parti sans les refondre; c'est ce qui arrive presque toujours dans les candis communs.

On enlève la croûte et on la fait égoutter à part : on place les vases sur un égouttoir, pendant quelques minutes, puis on les reprend, on y verse un peu d'eau tiède pour délayer le reste du sirop et en rendre l'égouttage complet en un deuxième temps après lequel on porte les cristallisoirs, toujours renversés, sur les lattcaux du séchoir. L'ensemble de ces cristaux porte un nom technique, on les appelle la maille.

La *maille*, les cristaux des fils, sont séparés de la *croûte* ou partie cristalline adhérente aux parois. La maille est belle, le *candi* est *bien maillé*, si les cristaux sont volumineux et d'une bonne forme. On appelle *candi raide* celui dont les cristaux n'ont pas cette double qualité; candi *tremblé* ou *frisé*, celui qui présente des escaliers; *massé* celui qui ressemble au sucre en pain.

On obtient des cristaux d'un grand volume en attachant aux fils des cristaux déjà gros, de formes régulières, avant de verser la clairce où ils seront *nourris*, c'est-à-dire développés, parfois énormément, pendant l'étuvage. C'est ce que l'on fait continuellement dans les laboratoires. Plus la clairce est fluide, plus l'augmentation de volume des cristaux est grande. — On est dirigé dans ce travail par le désir des acheteurs. Le candi raide est accepté, par exemple, dans la fabrication du vin de Champagne; il est moins cher que le candi maillé; on cuit un peu plus serré, ce qui donne le roide, etc.

(1) Un fabricant a cru plus avantageux de chauffer directement les étuves par la fumée du charbon de bois brûlé dans l'étuve même; cette fumée possédait, suivant lui, le pouvoir de hâter la cristallisation et de la rendre plus régulière; mais ce pouvoir est imaginaire, comme on le verra plus loin.

Digitized by Google

On détache les masses cristallines, on fait le lochage des pains de candi, soit par le choc, en frappant les cristallisoirs sur un bloc, brusquement, l'ouverture en dessous; soit par la chaleur, en les faisant nager dans l'eau tiède : le métal dilaté rapidement ne peut rester appliqué sur le sucre non dilaté; leur séparation est immédiate et complète.

Le sirop provenant du premier jet est cuit en grains, il donne à la turbine un beau sucre blanc qu'on charge pour une deuxième opération. Le sirop de turbinage est cuit en deuxième, troisième et cinquième parfois, suivant la qualité du sucre; il en résulte des bas produits, des vergeoises, dont on fait directement la vente, et une mélasse qui est livrée de même au commerce.

Les candis peuvent offrir, on le comprend, des nuances très-diverses; depuis le blanc pur jusqu'au roux très-foncé, presque noir. Les sirops de premier jet sont cuits dans certains cas sans clarification nouvelle ni filtration. Ils donnent un candi plus ou moins blond, etc. La mélasse clarifiée peut être comestible pour l'homme, elle est *très-sucrée* quoique très-riche en sucre inverti (§ 1076).

1141. Telle est la méthode nantaise pour la production d'un seul candi blanc ou clair. Les sirops des cristallisations n'étant pas ajoutés à la chaudière à candi, mais cuits en différents jets, fournissent des vergeoises et de la mélasse.

Une deuxième méthode, celle du Nord de la France, est destinée à la production des candis de différents genres, depuis le blanc jusqu'au roux. Les sirops sont ajoutés à la chaudière, pour les candis jaune et roux, avec une certaine proportion de sucres bruts de betterave, de différentes nuances; car ceux-ci, employés seuls, donneraient de mauvais produits. Après plusieurs cristallisations, avec rechargement, le sirop est cuit pour faire des vergeoises, comme dans le cas précédent.

La méthode belge, d'Anvers, se distingue par le travail des sirops sans addition de sucre brut. On obtient, du sucre brut fondu, deux cristallisations, rarement trois; le dernier sirop fournit de la vergeoise et de la mélasse.

Digitized by Google

1142. Flourens a attaché de l'importance, avec raison, aux *preuves* de concentration. Il ne regarde comme bons moyens de preuve ni la cuite au soufflé, ni le thermomètre même, comme nous l'avons vu. Le thermomètre peut laisser une erreur d'un demi-degré, par suite des variations de pression atmosphérique, ce qui correspond à un degré densimétrique, au moins, entre les limites extrêmes. J'ajoute une seconde cause bien connue, le déplacement du zéro. Le densimètre donne la plus grande approximation : les mêmes causes ne pouvant l'influencer.

L'auteur a étudié la solubilité du sucre dans l'eau ; ses résultats se confondent avec les miens. Le sirop saturé de sucre à + 27°,5 lui a donné :

Sucre.....	67.7	2.096
Eau.	32.3	1.000
	100.0	

Son degré, à + 15°, est 33.75 (D. = 1337.5).
D'après ma table du § 25 on trouve 1337.

Les résultats sont exprimés dans le tableau suivant :

Températures. Degrés centigrades.	Sucre pour 100.	Degré au densimètre Gay-Lussac à la température observée.	Degré au densimètre Gay-Lussac à 15° C.
0°	64.70	132.25	131.50
5	65.00	132.43	131.90
10	64.50	132.55	132.25
15	66.00	132.60	132.60
20	66.50	132.75	132.90
25	67.20	133.00	133.65
30	68.00	133.25	134.05
35	68.80	133.50	134.60
40	69.75	133.75	135.40
45	70.80	134.10	135.90
50	71.80	134.60	136.60
55	72.80	135.10	137.40
60	74.00	135.60	138.20
65	75.00	136.15	139.10
70	76.10	136.50	139.80
75	77.20	137.00	140.60
80	78.35	137.40	141.30
85	79.50	137.90	142.20
90	80.60	138.20	142.90
95	81.60	138.50	143.40
100	82.50	138.75	144.00

Digitized by Google

La température a une grande influence sur cette saturation : elle produit les changements que nous avons donnés tome I, note F.

Voici les richesses en sucre aux mêmes températures :

Températures d'ébullition. — Degrés centigrades.	Richesse en sucre.	Températures d'ébullition. — Degrés centigrades.	Richesse en sucre.
104°.5	67.25	111°.5	81.40
105.0	69.10	112.0	82.25
105.5	71.20	112.5	82.90
106.0	72.40	113.0	83.60
106.5	73.40	114.0	84.25
107.0	74.40	115.0	85.00
107.5	75.25	116.0	85.80
108.0	76.10	117.0	86.20
108.5	77.00	118.0	86.85
109.0	77.85	119.0	87.50
109.5	78.70	120.0	88.50
110.0	79.50	125.0	91.20
110.5	80.05	130.0	92.25
111.0	80.60		

Au-dessus de 43 degrés à froid, la mesure densimétrique n'est plus possible; la viscosité des sirops s'y oppose. Le mieux est de mesurer la densité par le poids d'un volume connu; on coule le sirop, encore tiède, dans un vase d'un litre, par exemple : aussitôt refroidi, on établit le volume exact et on pèse. Si le litre de sirop pèse 1418 grammes, son degré est de 41°,8.

L'auteur a observé la sursaturation constante des sirops dans les étuves : cette sursaturation, assez faible avec les candis blancs, est considérable avec certains candis colorés, très-roux; j'ai eu l'occasion d'en signaler une très-forte avec le candi le plus blanc dans mes études sur la densité du sucre et la teneur des dissolutions aqueuses (§ 24). Un sirop de sucre pur, contenu dans un vase à ouverture étroite, peut être composé, à chaud, de trois parties de sucre et une d'eau : ce sirop, abandonné au refroidissement, ne laisse pas déposer trace de sucre en plusieurs semaines. L'influence du vase, ou l'absence de l'air, amènent ce résultat.

L'étude des richesses à diverses températures a été traduite par

Digitized by Google

Flourens en courbes dont l'usage est plus facile ; voici la plus importante (fig. 221) :

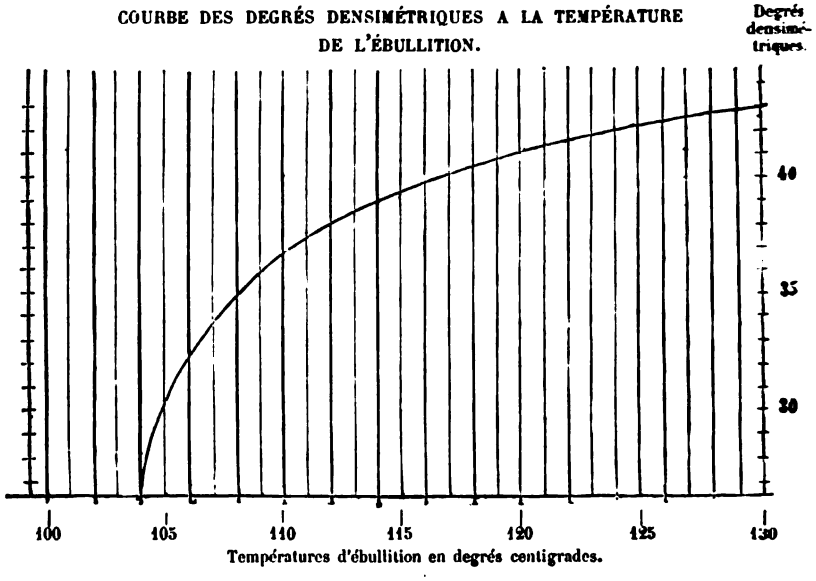


FIG. 221.

1143. Flourens a encore observé un fait digne d'attention ; lorsqu'on pousse l'évaporation jusqu'au bout, ou presque au bout, la masse cuite présentant 140 degrés à l'ébulliton, la production du candi serait impossible : le refroidissement donne du sucre vitreux, du *sucre d'orge*, non-seulement parce que le milieu est trop épais pour former des cristaux, mais surtout parce que le sucre normal a pris cet état vitreux d'où il ne revient qu'à la longue et dans un milieu moins dense (p. 435). Si l'on agite fortement le sirop épais, abandonné au refroidissement depuis 140 degrés, la viscosité ne cesse d'augmenter, mais parfois le retour à l'état cristallin s'effectue, la masse devient une poudre cristalline en dégageant brusquement de la vapeur, formée par la chaleur latente du sucre vitreux mise en liberté par le changement d'état.

Ce fait est une preuve presque certaine de la vérité du soupçon que j'ai exprimé § 986, p. 445 ; mes lecteurs en seront frappés.

Digitized by Google

1144. La formation graduelle du candi dans les cristallisations a été longuement étudiée par l'auteur ; il a pris des doses de sirop avec une pipette, en perçant la croûte supérieure des masses cuites et déterminant avec soin la température, la richesse en sucre normal, en inverti, etc. Il a pu, chaque jour, comparer la composition du sirop avec la composition primitive et suivre, pas à pas, la marche du travail. Voici les résultats obtenus :

Représentant par P, la richesse primitive de la masse en sucre normal ;

I, la richesse primitive de la masse en sucre inverti ;

S, la richesse du sirop examiné en sucre normal ;

I', la richesse du sirop examiné en sucre inverti ;

I_m, la proportion d'inverti rapporté à la masse primitive ;

I_c, la proportion d'inverti rapporté au candi obtenu ;

R, le rendement du candi en centièmes de la masse primitive.

On a, lorsqu'il ne se forme pas d'inverti,

$$R = \frac{P - S}{100 - S} \qquad [1]$$

et lorsqu'il y a inversion dans les étuves,

$$R = \frac{(P + I) - (S + I')}{100 - (S + I')} \qquad [2]$$

On a d'ailleurs

$$I_m = I' \frac{(100 - R)}{100} - I \qquad [3]$$

$$I_c = I' \times \frac{100}{R} \qquad [4]$$

A l'aide de ces formules, Flourens a déterminé les conditions du travail, d'abord dans des étuves abandonnées au refroidissement naturel, refroidissement accéléré, les derniers jours, par l'ouverture partielle des portes et l'admission de l'air extérieur, de la manière la plus convenable pour obtenir le meilleur rendement — puis dans des étuves chauffées pour comparer les résultats et apprécier l'utilité du chauffage.

1145. *Étuves abandonnées au refroidissement.* —Candi blanc

Digitized by Google

préparé avec du sucre en pain, ou en grains, d'un beau blanc. Composition de la masse cuite, ou *pâte* primitive :

Sucre normal.....	80.00
Sucre inverti.....	traces.
Cendres.....	traces.
Eau.....	20.00
	100.00

Le degré de la cuite serait :

36°.71 à l'ébullition, ou....	+ 115°.5
42°.44 à froid.....	+ 15°.0

soit 142^{kil}.44 le poids de l'hectolitre. — Température de saturation + 87°,5 (tableau de la page 602, tome I).

On a cuit à 36°,21 pour laisser monter à 36°,71 par l'effet d'évaporation après la fermeture du tuyau de vapeur. — Si l'on veut du candi *fort maillé*, la cuite doit même être arrêtée à 36 degrés avec la richesse 79 et la température de saturation + 84°,5.

Cette masse a donné :

Nombres de jours d'étuvage.	Températures dans les pots.	Richesses en sucre du sirop.	Rendements de candi en centièmes de la masse cuite.
1 jour.....	67°	78.75	5.99
2 jours.....	54	76.25	15.70
3 —	45	74.25	23.00
4 —	37	72.40	27.50
5 —	33	71.50	29.80
6 —	30	70.00	33.30
7 —	29	68.50	36.50
8 —	28	68.50	36.50
9 —	20	68.50	36.50

La production d'inverti n'a pas été sensible : on peut calculer les rendements par la formule [1], d'où l'on tire :

Digitized by Google

Température du sirop.	Richesse en sucre du sirop parfaitement saturé = S.	Rendement de la masse cuite en candi $R = \frac{80 - S}{100 - S}$.
87°,5	80.00	0.00 = (saturation).
85	79.50	2.44
80	78.35	7.64
75	77.20	12.10
70	76.10	16.30
65	75.00	20.00
60	74.00	25.00
55	72.80	27.10
50	71.80	29.10
45	70.80	31.50
40	69.75	33.90
35	68.80	35.90
30	68.00	37.50
25	67.20	39.00
20	66.50	40.30
15	66.00	41.18
10	65.50	42.00
5	65.00	43.00
0	64.70	43.30

La masse pure dont il s'agit ne fournit donc pas plus de 43/100 en cristaux ou candi. Flourens donne les courbes :

1° De la décroissance de température avec le temps ;
2° Du rendement en candi avec le temps ;
3° Du rendement théorique suivant la température ;
4° Du rendement pratique.

Je dois renvoyer pour les détails à son ouvrage. Les courbes sont régulières si les conditions de l'étuvage n'ont pas été troublées. Celle du rendement pratique, 4°, présente seule un crochet prononcé à son extrémité de basse température, de + 35° à 30°. A cette époque finale de l'étuvage, le sucre normal reste jusque-là dans un état de grande sursaturation, se dépose presque entièrement, à cause de la lenteur avec laquelle il se refroidit. La courbe se rapproche alors beaucoup de celle des rendements théoriques.

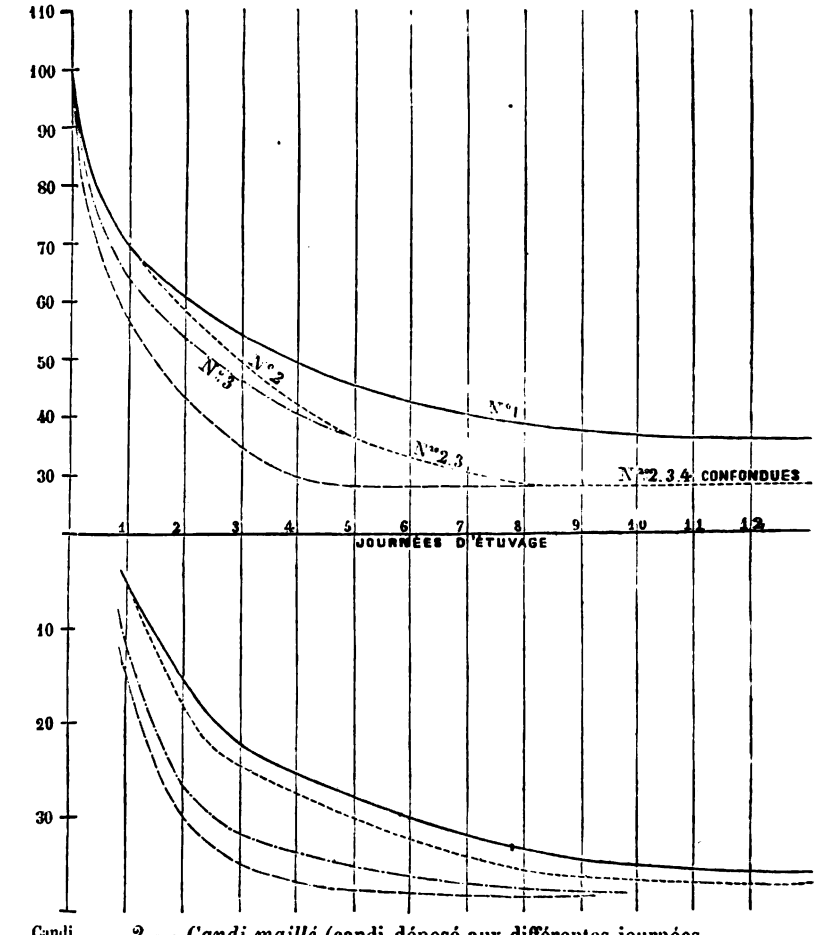
La sursaturation n'est pas moins évidente dans la courbe des richesses du sirop en sucre normal. Voici ces courbes :

Digitized by Google

1146. *Candi jaune* préparé avec addition de sirop contenant plus ou mois d'inverti. — Suivant la position des cristallisoirs dans l'étuve, on obtient du candi maillé, raide ou massé. — Voici les résultats pour ces trois espèces :

ÉTUVAGE DU CANDI CLAIR OU JAUNE.

1. — *Candi fort maillé* (décroissance de la température avec le temps).



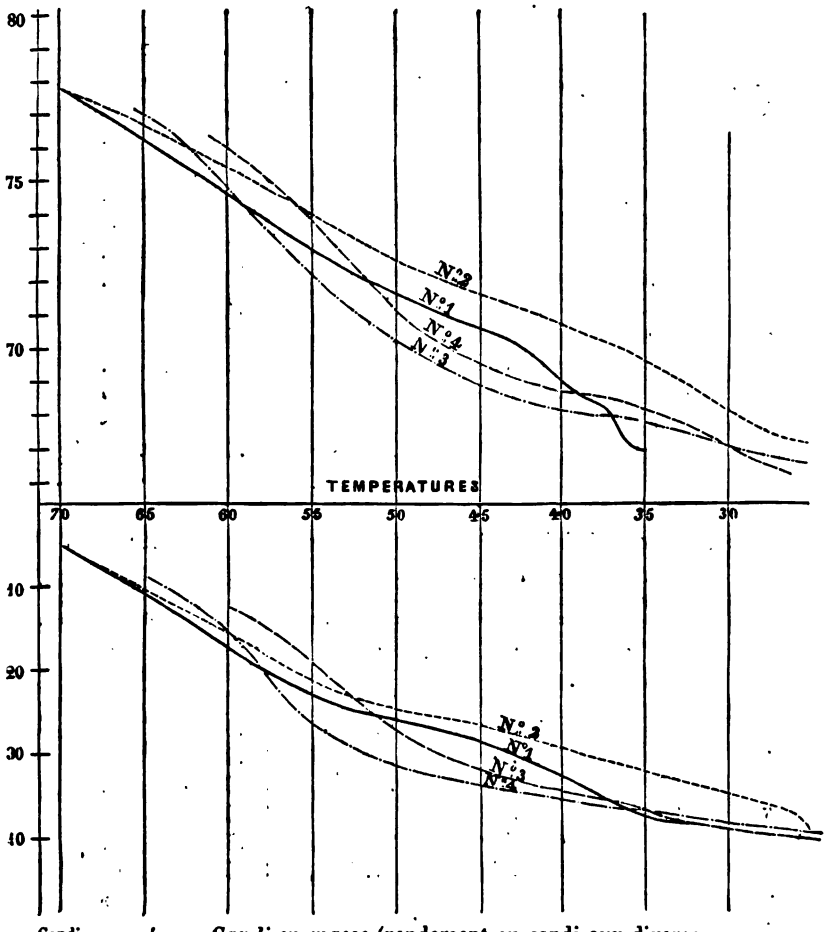
2. — *Candi maillé* (candi déposé aux différentes journées d'étuvage).

FIG. 222.

Digitized by Google

ÉTUVAGE DU CANDI CLAIR OU JAUNE.

3. — *Candi raide* (richesse en sucre du sirop aux différentes températures).



Candi en centièmes de la masse cuite.

4. — *Candi en masse* (rendement en candi aux diverses températures).

FIG. 223.

Digitized by Google

Composition de la masse cuite, ou pâte, primitive.

Sucre normal	79.50
Sucre inverti réducteur	1.00
Cendres	0.56
Eau	18.94
	100.00

1° *Candi bien maillé* (courbes n° 1, fig. 222).

Journées d'étuvage.	Températures du sirop.	Composition du sirop.		Rendement de la masse cuite.	Inverti formé pour 100 kil. de masse cuite.
		Sucre normal.	Sucre inverti.		
1	70.0 C.	78.10	1.37	5.00	0.30
2	61.5	75.35	1.70	15.00	0.45
3	55.0	73.00	2.00	22.00	0.55
4	50.0	71.80	2.20	25.00	0.65
5	46.0	70.80	2.30	27.50	0.65
6	43.0	70.20	2.32	29.00	0.65
7	41.0	69.30	2.40	31.00	0.65
8	39.5	68.80	2.42	42.25	0.65
9	38.0	68.25	2.45	33.50	0.65
10	36.5	67.90	2.50	34.25	0.65
11	»	»	»	»	»
12	»	»	»	»	»
13	35.0	67.00	2.57	36.00	0.65=1.80 du candi.

2° *Même candi clair, maille ordinaire* (courbes n° 2, fig. 222).

Journées d'étuvage.	Températures du sirop.	Composition du sirop.		Rendement de la masse cuite.	Inverti formé pour 100 kil. de masse cuite.
		Sucre normal.	Sucre inverti.		
1	70° C.	78.10	1.37	5.0	0.30
2	59	75.20	1.55	16.0	0.42
3	49	72.35	2.00	24.0	0.50
4	43	71.25	2.05	27.0	0.50
5	37	70.00	2.15	30.0	0.50
6	33	69.10	2.20	32.0	0.50
7	30	68.20	2.27	34.0	0.50
8	28	67.50	2.32	35.5	0.50
9	27	67.15	2.35	36.0	0.50
10	»	»	»	»	»
11	»	»	»	»	»
12	»	»	»	»	»
13	»	66.70	2.40	37.0	0.50=1.35 du candi.

Digitized by Google

3° *Même masse cuite, candi raide* (courbes n° 3, fig. 223).

Journées d'étuvage.	Températures du sirop.	Composition du sirop. Sucre normal.	Composition du sirop. Sucre inverti.	Rendement de la masse cuite.	Inverti formé pour 100 kil. de masse cuite.
1	65° C.	77.50	1.30	8.0	0.20
2	55	72.25	1.75	25.0	0.35
3	48	69.80	1.95	31.0	0.35
4	41	68.40	2.05	34.0	»
5 (*)	37	68.00	2.07	35.0	»
6	33	67.40	2.10	36.0	»
7	30	66.90	2.12	37.0	»
8	28	66.70	2.15	37.0	»
9	27	66.40	2.17	38.0	»
10	»	66.40	2.17	38.0	0.35=0.92 du candi.

4° *Même masse cuite, candi maillé* (courbes n° 4, fig. 223).

Journées d'étuvage.	Températures du sirop.	Composition du sirop. Sucre normal.	Composition du sirop. Sucre inverti.	Rendement de la masse cuite.	Inverti formé pour 100 kil. de masse cuite.
1	60° C.	76.60	1.25	12.00	0.10
2	48	70.35	1.55	28.00	0.12
3	38	68.50	1.75	34.00	0.15
4	31	67.20	1.82	37.00	0.15
5	28	66.80	1.86	38.00	0.15
6	27	66.50	1.90	38.25	0.15
7	27	66.50	1.90	38.25	0.15=0.40
8	27	66.25	1.90	38.22	0.15 du candi.
9	»	»	»	»	»

Observations. — La courbe n° 1 (fig. 222), qui a fourni le candi fort maillé, présente un refroidissement moins rapide au début; le rendement est inférieur à celui des autres cas et l'étuvage ne se termine que le onzième jour; la production du sucre inverti est à son maximum, elle atteint 1,80/100 du candi obtenu. On voit que l'altération glucosique se produit au commencement de l'étuvage, jusqu'à ce que la température soit descendue à 50° C.; au-dessous, il ne se forme plus d'inverti. Les courbes de ces résultats offren les mêmes caractères que celles des figures précédentes.

(*) Variation comme dans le tableau précédent, à partir du cinquième jour.

Digitized by Google

Les courbes n° 2 sont celles qui présentent le plus d'avantages dans la pratique; le rendement est supérieur parce que l'on produit moins d'inverti (1,35 du candi); l'étuvage est terminé vers le neuvième jour et l'on obtient un candi suffisamment maillé.

Les courbes n° 3 donnent un candi raide; le refroidissement étant trop rapide au commencement de l'étuvage, la cristallisation est trop précipitée; on voit (fig. 3e), que dans ces conditions il y a, pour ainsi dire, entraînement d'une partie de sucre; l'état de sursaturation diminue vers la partie *a* où la courbe s'abaisse plus que les autres vers l'axe des abscisses.

L'inverti produit est de 0,92/100 du candi, aussi le rendement est un peu plus élevé. La durée de l'étuvage est de neuf jours, la courbe n° 2 se raccordant à l'horizontale le neuvième jour.

Les courbes n° 4 sont celles d'un candi massé. L'étuvage est terminé le cinquième jour, le dépôt se faisant très-vite; la production de l'inverti est au minimum et le rendement au maximum.

On voit que les différentes courbes peuvent prendre des formes diverses selon la manière dont est conduit le refroidissement.

Le point de cuite a aussi une grande influence; plus on cuit fort, moins le candi est maillé, toutes choses égales, ce qui se comprend, car le sirop arrive plus tôt à sa température de saturation, et le dépôt du candi se fait plus rapidement au commencement de l'étuvage.

1147. *Candi jaune foncé.*

Composition de la masse cuite primitive (37°.6 densim.).

Sucre normal	78.60
Sucre inverti	2.00
Cendres	1.24
Eau	18.16
	100.00

Digitized by Google

Journées d'étuvage.	Températures du sirop.	Composition du sirop. Sucre normal.	Sucre inverti.	Rendement de la masse cuite.	Inverti formé pour 100 kil. de masse cuite.
1	70° C.	77.00	3.00	3.00	0.90
2	61	74.00	3.50	13.50	1.05
3	55	72.40	3.85	18.20	1.15
4	51	71.25	4.20	21.00	1.20
5	48	70.15	4.35	24.00	1.30
6	46	69.30	4.45	26.00	1.30
7	43	68.40	4.60	28.30	1.30
8	42	67.60	4.70	30.00	1.30
9	»	»	»	»	»
10	»	»	»	»	»
11	»	»	»	»	»
12	37	64.80	5.45	36.00	1.30 = 3.60 p. 100 kil. de candi.

On remarque dans les courbes (voir l'ouvrage) que, malgré les douze jours d'étuvage, qui sont ordinairement suffisants pour le candi jaune, le dépôt du candi n'est pas terminé, parce que la température ne s'est pas suffisamment abaissée, et que les courbes ont encore un certain parcours à effectuer avant de se raccorder à l'horizontale. La production du sucre incristallisable est plus forte pour le candi précédent, parce que la masse cuite contenait une plus grande proportion d'inverti. On constate aussi que, pour les candis communs, la richesse de saturation des sirops s'abaisse considérablement; ainsi pour le sirop de l'étuvée que nous considérons, lequel se trouve toujours sursaturé dans les pots, la richesse est 64,80/100 de sucre à la température de 37° C., et la table, que nous avons donnée, § 1142, indique 69,40 de sucre pour les sirops parfaitement saturés à cette température : la différence est encore plus grande pour les candis plus communs.

1148. *Candi roux ordinaire.*

Composition de la masse cuite (38° densim.).

Sucre normal		76.00
Sucre inverti		2.20
Cendres, Eau	non déterminées	21.80
		100.00

Digitized by Google

Journées d'étuvage.	Températures du sirop.	Composition du sirop.		Rendement de la masse cuite.	Inverti formé pour 100 kil. de masse cuite.
		Sucre normal.	Sucre inverti.		
1	70° C.	74.60	3.10	2.20	0.85
2	63	73.70	3.37	4.80	1.00
3	58	72.50	3.70	8.50	1.20
4	53	70.90	4.05	13.25	1.30
5	49.5	65.40	4.50	19.50	1.40
6	47	65.60	4.85	26.50	1.40
7	45.5	63.90	5.25	31.50	1.40
8	44	60.90	5.55	35.00	1.40
9	39	59.90	5.70	36.70	1.4.
10	37	59.40	5.75	37.50	1.40
11	35	59.15	5.80	37.80	1.40
12	35	59.15	5.80	»	1.40=3.75 du candi.

On a conduit l'étuvage pour obtenir le meilleur rendement possible; ainsi on a maintenu jusqu'au huitième jour la température au-dessus de 40 degrés centigrades; car, pour les candis communs, la cristallisation étant très-lente au commencement de l'étuvage, ce qui est indiqué par la ligne 2° (fig. 222), comparée à celle des autres cas; si la température s'abaisse trop rapidement, l'état de sursaturation étant très-grand, le sirop deviendrait très-épais et le dépôt du sucre ne pourrait se faire que difficilement; on obtiendrait un faible rendement et un candi massé, dont la valeur serait moindre et le placement plus difficile; tandis qu'en réglant convenablement le refroidissement, on permet au dépôt de se faire progressivement, et on peut alors, vers le huitième ou neuvième jour, l'accélérer au moyen d'un courant d'air que l'on établit et qui permet d'obtenir le reste du sucre qui doit encore cristalliser.

La courbe n° 1 rend compte de la conduite de l'étuvage, les courbes n°s 2, 3, 4 présentent de notables différences avec celles des planches précédentes, justement à cause du dépôt plus lent du sucre au début de l'étuvage et du plus grand état de sursaturation du sirop à cette époque. Il est nécessaire de ne pas refroidir les étuves au-dessous de 35 degrés centigrades pour pouvoir extraire facilement le sirop épais des cristallisoirs.

1149. De ces divers résultats et de l'examen des courbes, on

Digitized by Google

peut conclure que le dépôt du candi se fait avec une vitesse maxima au commencement de la cristallisation et que cette vitesse diminue progressivement, pour se réduire à zéro, à la fin de l'étuvage; la maille se formant au début sera d'autant plus belle que le refroidissement sera plus lent et plus régulier, jusqu'à l'époque où la plus grande partie du candi s'est formée, ce qui arrive vers le cinquième jour pour le candi blanc, et le huitième ou neuvième jour pour les candis communs; à partir de ce moment, on pourra conduire sans peine le refroidissement, pour obtenir le reste du sucre qui doit encore cristalliser.

Nous avons, dans les quatre exemples d'étuvages que nous avons choisis, donné des cas spéciaux avec une faible destruction du sucre. Nous avons déjà fait observer qu'il se produit d'autant plus de sucre incristallisable que les masses cuites en renferment déjà une plus grande proportion; il peut arriver que l'on ait des pâtes à candi qui contiennent 4, 5 et 6 pour 100 d'inverti, alors il peut s'en produire 2 ou 3 pour 100 de la masse cuite, ce qui est considérable.

1150. *Étuves chauffées par calorifères ou réchauds.*

1° *Candi jaune.*

MASSE CUITE.....	Sucre normal.....	78.00
	Sucre inverti.....	1.30
Cendres.....	non déterminées.....	20.90
Eau.....		100.00

Sirop après 15 jours d'étuvage.	Température.	Degré densimétrique.	Sucre normal.	Sucre inverti.	Rendement de la pâte.	Inverti formé pour 100 kil. de candi.	Inverti formé pour 100 kil. de pâte.
Bas de l'étuve..	37°	37.20	66.00	3.35	33.00	3.00	1.30
Haut.....	45°	38.34	64.35	6.70	30.00	15.00	3.40

2° *Candi roux.*

MASSE CUITE.....	Sucre normal.....	76.00
	Sucre inverti.....	2.75
Cendres.....	non déterminées.....	21.25
Eau.....		100.00

Digitized by Google

Sirop après 16 jours d'étuvage.	Température.	Sucre normal.	Sucre inverti.	Rendement de la pâte.	Inverti produit pour 100 kil. de candi.	Inverti produit pour 100 kil. de pâte.
Bas de l'étuve.....	41°	64.00	5.80	28.50	15.30	3.20
Haut.....	46°	63.00	8.30	25.00	33.00	5.50

3° *Candi jaune* (cuite : 37° densimétrique).

MASSE CUITE.....	Sucre normal.....	78.50
	Sucre inverti.....	1.75
	Cendres.....	1.24
Eau.....		18.51
		100.00

Sirop après 15 jours d'étuvage.	Température.	Degré densimétrique.	Sucre normal.	Sucre inverti.	Rendement de la pâte.	Inverti produit pour 100 kil. de candi.	Inverti produit pour 100 kil. de pâte.
Haut de l'étuve.	43°	38.34	65.00	6.00	32.00	7.20	2.30
Bas.....	39°	37.13	66.00	3.70	34.50	1.90	0.65

Malgré la longue durée de l'étuvage, les étuves n'étaient pas suffisamment refroidies, l'inverti s'est produit dans une énorme proportion relativement au rendement qui a été faible; d'où l'on peut conclure que le chauffage des étuves est nuisible, à moins que l'on ne réchauffe la cuite, faite dans le vide, à une température notablement inférieure à celle de l'ébullition; alors il faut prendre les plus grandes précautions pour ne pas chauffer trop fort.

En désaturant complétement le sirop des étuves, à la sortie, par l'agitation dans des flacons remplis de morceaux de candi blanc, on pourra calculer facilement, d'après sa richesse, le rendement maximum que l'on peut obtenir de la masse cuite : ainsi pour le candi blanc dont la pâte titre 80 pour 100 de sucre, le sirop peut être amené à ne plus contenir que 67 à 68 pour 100 de sucre, y compris l'inverti formé; le rendement sera 38 à 39 pour 100 de la masse cuite, ou 47 à 49 du sucre qu'elle représente; dans la pratique, on peut obtenir 42 à 45 pour 100 du sucre brut, sans trop prolonger l'étuvage.

Dans le travail des sucres de betteraves, on produit des quantités très-variables d'inverti, à l'étuvage, suivant la composition de la masse cuite; ainsi :

Digitized by Google

Pour le sucre candi blanc, il s'en produit		0.25 à 0.50	p. 100 du sucre obtenu.	
—	clair,	—	0.50 à 0.80	
—	jaune,	—	1.00 à 1.40	
—	roux,	—	1.40 à 3.50	et plus, selon la conduite de l'étuvage.
—	plus commun,	—	1.40 à 3.00.	

Les deux premiers nombres s'appliquent à un travail dans lequel on employait le sirop de chaque cristallisation dans une cristallisation suivante, en y ajoutant une proportion de sucre brut égale à celle qui avait été obtenue en candi; on obtenait ainsi quatre espèces de candis, dont le dernier était un sucre roux produit avec le troisième sirop, sans addition de sucre brut, la dernière eau mère contenant environ 6 pour 100 d'inverti.

Cette manière d'opérer a le grand inconvénient de concentrer dans les masses cuites le sucre inverti formé à l'étuvage, lequel détermine la destruction d'une partie du sucre cristallisable et empêche la cristallisation d'une autre partie qui reste dans la mélasse.

La marche suivie à Nantes est plus rationnelle: les sirops ne passant qu'une fois à l'étuve, et étant aussitôt après cuits en grains pour fournir de beaux sucres qui vont à la chaudière, l'inverti se trouve éliminé de la masse cuite, autant que cela est possible; mais l'on ne peut produire que des candis blancs ou clairs. Pour faire les candis jaunes et roux avec les sucres de canne, il faudrait employer des sucres bruts contenant notablement d'inverti; on se trouverait encore dans des conditions désavantageuses. Il est fâcheux que l'on ne puisse pas faire du candi roux directement avec les sucres bruts de betteraves de basse nuance, sans une addition très-grande de sirop à la chaudière, car on a des produits qui, malgré la clarification et les filtrations sur le noir, ont toujours une couleur désagréable, un goût mauvais et une odeur quelquefois très-prononcée qui indique leur origine. Sans cet inconvénient, on éviterait l'altération du sucre comme dans le cas du candi blanc.

1181. On constate toujours dans l'étuvage du sucre candi que

Digitized by Google

la formation du sucre inverti est accompagnée de la production d'un acide provenant aussi de la transformation du sucre. Ainsi une masse cuite neutre, avant sa mise à l'étuve, produira un sirop légèrement acide à sa sortie. Nous avions cru qu'en rendant les cuites alcalines, par une faible addition de sucrate de chaux filtrée (50 à 100 grammes CaO HO pour 10 hectolitres), on éviterait en partie la formation de l'inverti ; mais elles deviennent mousseuses et très-difficiles à conduire. On pouvait s'assurer, après l'étuvage, que l'alcalinité avait disparu et que le sirop était devenu acide ; la production de l'inverti, dosé par la liqueur tartro-cuprique, était un peu moindre, et le candi plus coloré.

Ce fait prouve que la chaux et les alcalis, dans les sirops, n'empêchent pas complétement l'inverti de se former, car celui-ci se change en acide hexadehique (glucique) (§ 150), qui se combine aux bases et les neutralise en partie.

Digitized by Google

CHAPITRE XVII

DISTILLATION

1152. J'examinerai maintenant la deuxième industrie dont la betterave et les autres végétaux sucrés sont les bases : *la fabrication de l'alcool.* Cette industrie a pris de grands développements et mérite beaucoup d'attention. Naturellement nous commencerons par l'emploi de la betterave ; il est plus difficile d'en tirer l'alcool fin, comme le bon sucre, que de la canne : l'étude des conditions relatives à la racine facilitera beaucoup celle dont nous aurons à parler pour la canne et les autres végétaux.

FABRICATION DE L'ALCOOL DE BETTERAVE.

1153. Est-il nécessaire d'abord de choisir une racine spéciale? La betterave de Silésie mérite-t-elle une préférence comme pour l'extraction du sucre? Non! peut-on dire, parce qu'ici les difficultés ne sont plus du tout les mêmes. Une betterave quelconque est bonne pour faire de l'alcool, ou plutôt une seule condition doit être recherchée, celle de la richesse saccharine, que le sucre soit normal ou inverti. Les autres matières ne sont pas absolument indifférentes : elles ne sont pas sans influence sur une qualité essentielle de l'alcool, son *bon goût ;* mais, en somme, elles diffèrent peu dans les diverses espèces de racines et, jusqu'à présent, aucune raison d'exclusion n'a été observée pour une espèce déterminée.

Ainsi la betterave blanche, à collet rose ou vert, les betteraves rouges, les globes, etc., sont, toutes, bonnes pour faire de l'alcool,

Digitized by Google

au point de vue de la qualité comme à celui de la quantité. Toutes peuvent être soumises aux mêmes procédés et donnent un *esprit* dont la purification peut être faite par les mêmes moyens.

Il n'est pas moins important pour la fabrication de l'alcool que pour celle du sucre d'avoir des betteraves riches de ce dernier; c'est le sucre qui donne l'alcool, nous l'avons dit § 198; mais il faut le répéter, c'est la base fondamentale de l'industrie dont nous nous occupons. Le distillateur doit donc employer attentivement les méthodes dont nous avons donné les détails dans le chapitre V et ne pas oublier que des betteraves *de bonne* apparence ne renferment quelquefois pas plus de 3/100 de sucre, tandis que d'autres en contiennent jusqu'à 14, 15 et, dit-on, 18/100. Je n'ai pas eu moi-même l'occasion d'observer ce dernier chiffre; mais il est affirmé par des chimistes habiles et, s'ils ont tenu compte de l'évaporation signalée § 583, il faut admettre cette richesse qui est, toutefois, exceptionnelle. Le choix des betteraves, en un mot, est un point de départ dont l'intérêt est capital. Un distillateur pourra obtenir, de 1000 kilogrammes de betteraves, 95 ou 96 litres d'esprit à 90 c. et son confrère, avec un outillage tout semblable, n'en pas faire plus de 30 ou 35.

La récolte des betteraves doit être entourée des mêmes soins: une betterave meurtrie, creusée de vides, où l'air amène promptement une coloration noire et ce qu'on nomme une fermentation visqueuse, putride, etc., peut devenir incapable de donner *trace* de liquide spiritueux. La *préservation* des betteraves est un objectif dont le distillateur ne doit pas plus perdre la vue que le fabricant de sucre. Pour lui, plus peut-être que pour le fabricant, mon procédé de préservation ou conservation a une valeur très-grande: lui seul permet de garder la matière première dans toute son intégrité, de suivre pendant toute l'année une méthode de travail régulière et certaine, donnant le maximum de rendement et le meilleur goût. Ce système ne doit plus être dédaigné. Il est reconnu de tout le monde que l'alcool, comme le sucre, diminue de quantité et de qualité, du commencement à la fin des campagnes; la perte ainsi constatée coûte plus que les frais des citernes où les jus conserve-

Digitized by Google

raient tout leur sucre préservé, du premier au dernier jour, contre toute altération.

Si l'on persiste à mettre les betteraves en silos, on fera bien de suivre ce qui est dit § 664.

1184. *Mise en fermentation.* — Tous les efforts doivent tendre à tirer des betteraves la plus grande partie du sucre. C'est un point théorique incontestable; mais doit-on, pour obéir au principe, faire entrer la betterave entière en fermentation? Oui, si l'on ne peut en faire un meilleur usage, ou même un usage équivalent. Or, dans la pratique, il est rare que le cultivateur n'ait pas intérêt à vendre la pulpe ou les cossettes, en nature ou macérées; ce qui réduit à ne pas faire fermenter ces pulpes ou cossettes et à s'en tenir au jus. Si l'on veut faire fermenter les betteraves en totalité, leur préparation peut être faite par deux procédés vraiment distincts. Ou on les découpe en fragments et cossettes, ou on les réduit en pulpe. Dans le premier cas, on met les fragments eux-mêmes en fermentation, comme nous l'expliquerons tout à l'heure. Dans le second, on soumet la pulpe à la macération, et c'est le liquide exprimé par la presse qui est mis en travail. Une troisième marche peut être suivie: c'est de préparer le jus comme pour l'extraction du sucre et de faire fermenter le jus seul. Enfin on soumet à la distillation les mélasses et leur emploi est le plus général.

Dans tous les cas, une condition à remplir est le traitement de la matière première par une dose d'acide déterminée. Cossettes ou jus, toujours on doit les étendre d'un peu d'eau et ajouter dans cette eau de l'acide sulfurique, ou chlorhydrique; environ

5/100 d'acide sulfurique à 84 degrés (densim.),
10/100 d'acide chlorhydrique à 18 degrés (densim.).

Le rôle de cet acide est très-complexe : il sert à produire ou, au moins, à achever l'inversion du sucre normal ; en second lieu, il facilite l'osmose du sucre des cossettes dans l'eau ajoutée ; en troisième lieu, il empêche les matières azotées et, surtout, azoto-sulfurées (albumine, etc.), de développer, sous l'influence des alcalis, ou

Digitized by Google

même dans les liquides neutres, des dérivés *sulfhydriques*, cause principale, sinon unique, du mauvais goût.

Je ne m'étendrai pas longuement sur les moyens de diviser les betteraves, de faire les cossettes, etc. Ordinairement on emploie un coupe-racines, plus ou moins perfectionné. Si l'on veut de la pulpe, on fait usage des moyens indiqués pour la fabrication du sucre. Si l'on emploie des mélasses, on les délaye simplement dans de l'eau. La règle générale c'est d'amener le sucre à former le douzième, au plus, de la masse destinée à la fermentation. 1000 kilogrammes de betteraves peuvent donc recevoir 0 à 200 litres d'eau, suivant leur richesse. On ajoute dans cette dissolution l'acide sulfurique (on devrait préférer l'acide chlorhydrique, je dirai plus loin pourquoi) et on ajoute, au besoin, de la levûre préparée comme nous allons le voir.

1188. La levûre n'est pas indispensable avec les cossettes ou les jus sains : ces matières renferment assez de substances étrangères au sucre et capables de causer la fermentation, en général. Cependant leur qualité n'est pas toujours la même, leur influence, par conséquent, peu certaine, et l'addition d'une levûre devient alors inévitable. Cette levûre peut être empruntée à la betterave elle-même ; on l'a recueillie dans d'autres fermentations et conservée avec soin. Ou mieux on l'emprunte à une cuve en pleine fermentation. 1 litre du liquide de cette cuve suffit parfois pour 10 de la cuve nouvelle : on en ajoute davantage s'il le faut, mais rarement on a besoin du double. Faute de levûre de betterave on prend la levûre de bière, ou le levain des boulangeries, ou le gluten liquéfié.

La levûre de bière doit être presque blanche, d'un jaune grisâtre, pâle, cassante, à peu près comme les substances vitreuses, d'une odeur franche, un peu aigrelette, capable de remonter promptement à la surface de l'eau bouillante et d'y surnager, capable surtout de faire fermenter presque immédiatement une eau sucrée au 1/6 et chaude à + 25 degrés. Un papier de tournesol y devient rouge vineux ; cette nuance disparaît dans l'eau ordinaire. Broyée avec un

Digitized by Google

peu d'eau sucrée elle ne doit pas la rendre visqueuse en vingt ou trente minutes. Lorsqu'elle est sèche, il convient de la délayer, un peu à l'avance, dans une certaine quantité de liquide en fermentation. Pour peu que l'odeur soit fétide, la levûre doit être refusée. Lorsqu'elle est trop acide, mais d'une odeur assez franche, on la ramène à un état souvent convenable en la délayant dans quatre ou cinq fois son poids d'eau, et la filtrant dans un linge qu'on met à la presse : on peut aussi la décanter simplement après un repos de plusieurs heures. Une bonne levûre se conserve assez longtemps quand elle est bien pressée.

Le microscope donne des indices très-utiles de la pureté d'une levûre : l'amidon y est souvent mêlé; ses grains ne le distingueraient pas; mais l'iode les colore en bleu, les grains de fécule peuvent être reconnus, à leur grosseur et à la croix noire qu'ils offrent dans la lumière polarisée.

On conserve aussi la levûre en la délayant dans la mélasse de bonne qualité, ou mieux dans un sirop de sucre brut. 2 ou 3 parties de matière sucrée conviennent bien. Pour le sucre on emploie 2 parties de sucre et 1 d'eau, ou bien on broie doucement le sucre avec la levûre; on forme, comme nous l'avons vu § 263, une sorte de pâte huileuse, où la levûre ne demeure plus opaque, mais forme un liquide demi-transparent. La levûre perd un peu de sa force, mais reste encore d'un bon usage, en prenant la précaution de la dissoudre plusieurs heures à l'avance dans du moût et de la choisir bien fraîche pour la mêler au sucre.

1186. Le levain des boulangeries est loin de valoir la levûre; on l'estime dix à quinze fois moins; il peut servir à monter une cuve, mais rarement à la réchauffer quand la fermentation languit. Il n'assure pas la fermentation alcoolique et donne de l'acide avec dégagement de gaz inflammable (§ 270).

On a encore employé le malt, soit seul, soit mêlé avec du blé, ou du seigle, en poudre fine; après macération on verse dans un rafraîchissoir, où on laisse pendant dix ou quinze heures; on ajoute de l'eau tiède de manière à obtenir + 22 à 25°, en réduisant la densité

Digitized by Google

à 4 ou 5° (densimétriques) ; on mêle avec un peu de bonne levûre, ou de moût en pleine fermentation, on laisse la fermentation lente s'établir pendant trente-six heures et on peut l'employer. Des mélanges de ce genre peuvent varier à l'infini.

1157. Lorsqu'on manque de levûre, on peut la remplacer naturellement par une plus ou moins grande quantité de moût en pleine fermentation. Cette méthode, connue depuis des siècles, en France pour le vin, en Angleterre et en Allemagne pour la bière, est très-bonne pour les mélasses. Il suffit d'un à deux dixièmes en volume, surtout si l'on peut ajouter un peu de bonne levûre fraîche. Il est important de mettre le moût destiné à fermenter, bien exactement, à la température de celui qu'on prend en pleine fermentation pour l'entraîner.

1158. La levûre est parfois rare dans le commerce ; il est utile de pouvoir la conserver, ce qui est difficile. On a pourtant deux moyens dont le succès, presque certain, laisse peu de chose à désirer : le premier, c'est de mélanger la levûre avec un sucre 10—13 finement pulvérisé, d'après l'expérience de Dœbereiner (§ 263). Peut-être n'est-il pas nécessaire d'employer 2 parties de sucre pour 1 de levûre ; mais, en tout cas, la dépense est faible. Je ne conseille pas de remplacer le sucre par de la mélasse, même de raffinerie, la conservation est beaucoup moins sûre, et lorsqu'on délaye le sirop de levûre au moment de l'emploi, le ferment n'est pas doué de la même énergie.

Le deuxième moyen consiste à dessécher la levûre, tantôt seule, tantôt mêlée de substances diverses.

Pour la dessécher seule, on emploie les moyens ordinaires : on étale en couche mince sur des toiles tendues, à l'air, au soleil, ou dans une étuve à + 30 ou 35°. Au lieu de toiles, on peut employer des plaques de plâtre bien sèches. Enfin on peut aider la chaleur par le vide et l'acide sulfurique. La méthode du § 422 peut être légèrement modifiée : la capsule C remplacée par des tablettes, plus ou moins nombreuses, placées les unes au-dessus des autres, à 1 décimètre de distance, dans une cloche plus ou moins grande, métal-

Digitized by Google

lique, capable de résister à la pression de l'air. Cette cloche, terminée en haut par une calotte hémisphérique, serait indépendante des tablettes, dont le support commun reposerait sur un plateau de fonte creusé d'une rigole trapézoïdale, remplie par un anneau de caoutchouc, comme dans mon osmomètre (fig. 67). A la partie inférieure de la cloche, ou mieux au travers du plateau de fonte, est percé un ajutage où l'on fixe un tuyau de fonte communiquant avec un récipient métallique, de forme cylindrique, renfermant de l'acide sulfurique, à 84 degrés, et un agitateur (comme dans les petites machines Carré pour faire de la glace). Avec deux fois le poids de la levûre on obtient une dessiccation rapide si l'on fait le vide dans l'appareil. Aujourd'hui le vide est obtenu sans travail et à bon marché : les aspirateurs Lasne (coûtant chacun 25 francs) ne demandent que de l'eau, et un seul peut faire le vide dans une capacité de 50 litres en quelques heures.

Lorsqu'on veut sécher la levûre mêlée d'autres substances, on peut faire usage du plâtre, 1 partie pour 2 de levûre. On étale cette dernière bien pulvérisée; on fait tomber le plâtre avec un tamis, on mêle ensuite doucement; ce mélange est promptement séché à l'air. On conseille aussi le noir fin, ou la fécule bien séchée à l'étuve et encore tiède, ou refroidie à l'abri de l'air.

La levûre sèche peut être transportée; les fabricants de sucre de canne peuvent en tirer d'Europe : il est bon, au moment de l'emploi, d'y ajouter un peu de levûre fraîche.

1159. On prépare aussi de la levûre au moyen du gluten. Ce résidu des préparations d'amidon est une pâte élastique : on le place dans une cuve, à + 10°, jusqu'à ce qu'il commence à perdre un peu d'élasticité; puis on le mêle, à peu près à poids égaux, avec de bonne mélasse, dans un local où sa température puisse atteindre + 25 à 30°; on l'y garde trois semaines, ou un mois, en l'agitant chaque jour : il devient une bouillie claire, homogène, capable de produire la fermentation, moins bien que la bonne levûre. Il est bon d'ajouter un peu de levûre, 1/20, au moment du mélange avec la mélasse.

Digitized by Google

1160. *Influence de la dilution.* — J'ai dit qu'une bonne règle était de mettre le sucre à 1/12 dans les moûts; on peut s'assurer de la véritable influence de l'eau par une expérience de Dubrunfaut : trois cuves placées l'une près de l'autre, de même capacité, marquées 1, 2, 3, reçoivent chacune 400 litres d'un moût de raisin à 12°,5 (densim.) et à + 15°; on ajoute 4 hectolitres d'eau dans le n° 2, 8 hectolitres dans le n° 3, toujours à + 15°. Cela donne :

N°s 1.....	4	hectolitres à	12°.5
2.....	8	—	6°.65
3.....	12	—	4°.3

La fermentation ne tarde pas à s'établir : d'abord dans le n° 3, puis le n° 2, puis le n° 1, à une ou deux heures d'intervalle; elle est plus vive dans 3 que dans 2, et dans 2 que dans 1. Elle se termine dans le

N°s 3, après	30 à 36	heures et donne	90	litres à	52 cent. (1).
2, après	72 à 106	— —	95		—
1, après	240 à 288	(10 à 12 jours)	100		—

Le seul inconvénient grave de la dilution est purement fiscal : il existe dans les pays où l'impôt est proportionnel à la contenance des cuves; l'inconvénient est diminué par la rapidité de fermentation. L'impôt est perçu par jours de travail; ce que coûte la contenance est regagné par la diminution du nombre des jours. On brûle

(1) C'est 22° Cartier. J'ai proposé l'abandon des degrés Baumé; les mêmes raisons (§ 122) doivent faire cesser l'emploi des degrés Cartier. Ces degrés sont remplacés depuis longtemps par ceux de Gay-Lussac, donnant la composition centésimale. On pourrait, au point de vue de la densité, faire usage de degrés exprimant cette densité comme pour les liquides plus lourds que l'eau. De l'alcool absolu à l'eau pure, la densité varie de 0.7947 à 1.0000. Pourquoi n'exprimerait-on pas ces densités par leurs propres chiffres? L'alcool pur ou absolu marquerait 79°.5. Un alcool faible, à 59° par exemple, dont la densité est 0.9164, marquerait 91°.64, ou simplement 91°.6. — On aurait pour tous les alcools une marge de 21 degrés et leurs fractions, dixièmes et centièmes, exprimant une propriété capitale, la densité. — C'est bien assez pour compenser les degrés Cartier, qui ne sont qu'au nombre de 33 et n'expriment rien de simple et d'utile. On aurait à ne pas oublier que le nombre des degrés est en raison inverse de la légèreté. C'est peu difficile.

Digitized by Google

d'un autre côté un peu plus de charbon : c'est une dépense insignifiante en présence du rendement.

1161. *Influence de l'air.* — J'ai indiqué ce qui se rapporte à ce sujet § 220. Il n'y a rien à ajouter relativement à la fermentation proprement dite; mais il faut dire un mot de l'influence de l'air après la fermentation. Les moûts ou vins de betterave, une fois produits, doivent être soustraits à cette influence, soit par une prompte distillation, soit en conservant soigneusement l'atmosphère d'acide carbonique, ce qui demande beaucoup de précautions. Le mieux est de distiller.

1162. *Influence de la température.* — On a vu, § 228, combien cette influence est grande. Une bonne fermentation alcoolique ne peut guère avoir lieu en deçà ou au delà de + 10 à 30° ou 35°. Certaines fermentations lentes paraissent pouvoir être obtenues au-dessous de + 10°, d'autres un peu au-dessus de + 35°, mais ce sont des exceptions. La fermentation la plus nette, la plus vive, a lieu entre + 25 et 30°. Au-dessus de 35°, si l'air peut avoir accès, l'alcool passe promptement à l'état de bioxyde de diène (d'aldéhyde), puis d'acide diédique (acétique). Il peut être totalement perdu. A une température basse, c'est-à-dire déjà au-dessous de + 25°, on court le risque de fermentations visqueuses, butyriques, etc.

Toutefois la température de fermentation dépend de plusieurs choses :

1° La température de l'atelier;
2° La méthode de fermentation;
3° La capacité des cuves.

1163. 1° *Température de l'atelier.* — Il est facile de comprendre d'après quelle règle on doit la fixer. Le but à atteindre c'est de conserver le mieux possible la température des cuves ou, si l'on veut, de ne pas lui permettre de dépasser un maximum. On regarde généralement comme dangereux de laisser arriver les moûts à + 35°; on ne doit pas dépasser 30°; le mieux est de rester vers 28°. La fermentation ne commençant bien qu'à 25°, ou à peu près, il faut que le refroidissement des cuves, par rayonnement de leurs

Digitized by Google

parois extérieures, fasse équilibre, en un temps donné, à l'échauffement intime du liquide dans le même temps. L'expérience est le meilleur juge d'une direction fondée sur des bases complexes. Elle a appris que la température de l'atelier doit être voisine de + 18°, pour donner les meilleurs effets. Cette règle n'est pas absolue, on le comprend : un atelier, dont les cuves occupent la moitié de l'espace, ne peut être comparé à un autre où les cuves, peu nombreuses, n'en occuperaient que le dixième. Rayonnement et absorption par la masse d'air ne sont plus les mêmes. En second lieu, tel moût bien sain, toutes circonstances égales d'ailleurs, ne mettra pas plus de cinquante heures à sa fermentation complète ; tel autre en mettra quatre-vingts ou cent. La température de l'atelier devra donc être un peu plus haute pour le second.

1164. 2° *Méthode de fermentation.*—Les méthodes diffèrent, au point de vue qui nous occupe, par la rapidité de fermentation dont elles sont causes. Un même moût, additionné d'acide, fermentera plus vite et plus nettement ; sa température montera plus rapidement et plus haut. Le distillateur doit donc étudier avec soin ses premières opérations pour bien déterminer la température que la fermentation peut atteindre, et régler d'après elle le degré de chaleur à prendre, en commençant, pour le moût et à entretenir dans l'atelier.

1165. 3° *Capacité des vases.* — On peut bien aisément en comprendre l'influence. Pour un volume double de moût, par exemple, la surface extérieure de la cuve est loin d'être double : le refroidissement est donc plus rapide pour un petit volume. La conséquence est de prendre alors le moût à une température initiale plus haute et d'entretenir aussi un peu plus de chaleur dans la cuverie. Dubrunfaut a donné, pour la température initiale des moûts, les chiffres suivants :

Capacités.	Température initiale.
5 hectolitres.....	31° à 35°
10 —	25° à 31°
20 —	19° à 25°
30 — et au-dessus.....	15° à 19°

Digitized by Google

Mais ces indications ne sont pas absolues; on peut commencer à + 25° dans une grande cuve, si l'air extérieur n'est pas à plus de + 15 ou 16°, etc.

La meilleure méthode me paraît celle dont on fait usage depuis longtemps en Angleterre. On se tient maître de la fermentation par un moyen simple et dont le coût n'est pas au-dessus des avantages : on établit dans toutes les cuves un serpentin où l'on peut faire couler, à volonté, de l'eau chaude ou de l'eau froide; on fait circuler de l'eau chaude pour commencer, on l'arrête quand la fermentation est en marche; on la remplace par de l'eau froide, plus ou moins rapide, si la température s'élève trop. C'est là une méthode raisonnée, dont les bons résultats sont certains. Elle coûte fort peu de chose : c'est celle que j'ai conseillée pour la cuite en grains, § 958.

Les dimensions des cuves varient beaucoup. En général on leur donne un diamètre moyen de 4 mètres, une hauteur de 3, et on ne les emplit qu'à 2m,50 à peu près. La masse liquide est ainsi de 315 hectolitres. Pour la fermentation des mélasses, par exemple, elle est composée de

Hectolitres.		Kilogrammes.
50	mélasse à 40 degrés densimétriques....	7,000
265	eau.....	26,500
315	liquide à fermenter.....	33,500

$$\frac{335}{315} = 1063.$$

Le liquide est donc à 6°.3; soit un peu plus de 6 degrés.

On y délaye 75 kilogrammes de bonne levûre après avoir dissous dans l'eau 75 kilogrammes d'acide sulfurique à 84 degrés.

La fermentation dure environ cinq jours. Voici sa marche :

	Densité.	Température.
1er jour.....	6°.3	+ 22°.0
2e.....	5°.4	+ 24°.2
3e.....	4°.6	+ 31°.1
4e.....	3°.1	+ 34°.4
5e.....	2°.0	+ 35°.2

L'essai du *vin* par la méthode Maumené (§ 510) donne 7c,2 d'al-

Digitized by Google

cool pur, c'est-à-dire 2268 litres d'alcool absolu, ou 324 litres par 100 kilogrammes de mélasse employée.

C'est un résultat des plus favorables. Rarement la mélasse donne 30 litres : parfois on n'en obtient pas plus de 25.

Sur ce point, je dois rappeler la composition si variable du sucre inverti et insister pour ne pas laisser méconnaître la propriété de quelques parties de ce sucre de ne point fermenter (§ 217). On observe, dans les distilleries, des variations incroyables dans la formation de l'alcool. Des hommes très-compétents disent que ces variations peuvent aller bien au delà de celles que je viens d'indiquer. Le nombre de litres d'alcool descendrait à 15, la variation serait de 1 à 2. Cela n'est pas impossible : loin de là. C'est facile à expliquer en tenant compte de l'existence du sucre inverti non fermentescible qui est souvent trop réelle.

On pourrait facilement remédier à cet inconvénient considérable ; il suffit de porter à l'ébullition, pendant cinq minutes, la mélasse étendue d'eau et acide destinée à la fermentation. Cette application de la chaleur amène tout le glucose, de quelque variété qu'il soit, à l'état fermentescible. On serait ainsi toujours sûr d'obtenir le maximum d'alcool et une fermentation régulière, du moins lorsque ce glucose n'est pas encore mêlé des produits postérieurs dont j'ai parlé un peu plus haut (§ 135 et 217).

1166. Les cuves doivent-elles être ouvertes ou fermées? La question paraît résolue depuis longtemps pour le vin ; mais pour les mélasses elle n'a pas même été posée; les cuves sont toujours ouvertes, c'est-à-dire sans couvercle, ou seulement garanties contre les poussières par un couvercle non hermétique.

1167. Les cuves doivent être en bois, sapin ou chêne, d'une épaisseur variable, suivant la contenance, mais forte : 5 centimètres pour les cuves de 20 hectolitres; 12 ou 15 pour celles de 300 ou au delà.

1168. *Construction des cuveries.* — Le but à atteindre est de posséder des salles où la température puisse être conservée le mieux possible. On y arrive par deux conditions : 1° des murailles

Digitized by Google

épaisses, ou peu conductrices de la chaleur; 2° des ouvertures, peu nombreuses, découpées dans ces murailles, à l'est ou à l'ouest, jamais au nord qui donne du froid, ni au midi qui donne de la chaleur. La grandeur des cuveries n'est jamais trop développée, par la raison donnée dans la note du § 1181. La voûte doit être en plein cintre pour faciliter le courant d'air établi par la chaleur des cuves. La porte et les fenêtres n'ont pas besoin de grandes dimensions : il les faut aussi petites que possible, ou à doubles châssis, pour conserver la chaleur.

Si, comme il arrive souvent, les cuveries ne peuvent être vastes, hautes surtout, une bonne ventilation devient nécessaire. On l'établit, à peu de frais, en ouvrant dans le sol, du côté opposé aux cuves, un certain nombre de trous d'aspiration auxquels sont ajustés des tubes souterrains communiquant avec le cendrier des générateurs. Si l'on ferme celui-ci, l'air nécessaire à la combustion est aspiré par les tubes et, en raison de la lourdeur du gaz carbonique, c'est lui surtout qui est enlevé.

Dans quelques distilleries, les cuveries sont établies à une certaine hauteur au-dessus du sol; on peut les ventiler par des tubes ouverts dans l'atmosphère et fixés au niveau du plancher.

1169. La conservation de la chaleur exige, tantôt un réchauffage, tantôt un refroidissage des cuveries. Les tubes dont nous venons de parler, ouverts au nord, donnent du froid : un calorifère ou des tuyaux traversés par la vapeur donnent du chaud.

1170. *Préparation des moûts.* — Les betteraves divisées, par le coupe-racines ou la râpe, peuvent être épuisées, pour l'alcoolisation, par la méthode générale dont j'ai recommandé si vivement le rejet pour l'extraction du sucre, la méthode de macération. Ici nous n'avons plus à craindre l'inversion et ses suites. Au contraire, cette inversion facilite notre besogne, le sucre normal n'étant pas, de lui-même, capable de la fermentation alcoolique, et ne subissant cette transformation qu'après une inversion complète. Ce sont les deux parties principales du sucre inverti, le glucose et le chylariose, qui semblent agir l'une sur l'autre, quand leur production a lieu en

Digitized by Google

présence même de la levûre, et quand elles ne peuvent plus éprouver d'autre modification plus profonde, capable de les changer en produits incapables, partiellement au moins, de la fermentation alcoolique (§ 217). La macération, la diffusion et tous les procédés qui peuvent épuiser les cossettes, les pulpes, etc., sont donc ici parfaitement de mise, à la condition, toutefois, de ne pas exposer le sucre normal à d'autres effets que ceux de l'inversion proprement dite, comme nous allons l'expliquer.

1171. Les appareils de macération ont l'inconvénient d'exposer le sucre à l'inversion par l'action d'une énorme masse d'eau (§ 762). Cet inconvénient, absolument incontestable, est relatif au sucre pur, et, jusqu'à présent, nous avons pu ne pas insister sur une autre action qui doit être examinée lorsqu'il s'agit de produire l'alcool. Un grand excès d'eau peut invertir le sucre normal, même en le considérant pur et en dehors du jus de betterave ou d'autres végétaux. Cette influence funeste, il suffisait de l'établir pour le fabricant de sucre : mais l'eau en exerce une autre sur les matières étrangères, et celle-là, quoique indirecte, peut être ressentie par le sucre d'une manière non moins fâcheuse pour le distillateur. Le sucre normal ne peut pas donner d'alcool quand il a dépassé l'inversion *proprement dite*, c'est à bien entendre la *première phase* indiquée par le pouvoir rotatoire gauche porté au maximum (38° d'après Biot, 42° d'après mes expériences). Lorsqu'une cause quelconque le fait aller au delà, c'est-à-dire lorsque ses modifications sont rendues plus profondes, *dès le moment même où le pouvoir rotatoire revient vers la droite* (§ 135), le chylariose se transforme en une variété neutre, optiquement et chimiquement, puis en acide lactique, etc., en substances plus ou moins nombreuses, toutes incapables d'éprouver la fermentation alcoolique. Les matières étrangères au sucre contenues dans les jus des végétaux, mêlées avec lui dans une très-grande quantité d'eau, ne tardent pas à lui faire éprouver les fermentations visqueuse, lactique, etc., etc., ou, pour parler plus exactement, les transformations chimiques, *sans ferments*, où il devient le ou les produits dits de fermentation (§ 253 et suivants).

Digitized by Google

La macération doit donc être faite à l'abri de ces influences; deux conditions sont nécessaires : la chaleur et la courte durée. L'eau employée doit être chaude, privée d'air, et l'opération faite très-rapidement. Les eaux de vapeur condensée sont bonnes (en les prenant bien exemptes de matières grasses); quant à l'appareil de lixiviation, le meilleur est celui qui fonctionne le plus vite.

Pour l'alcool, comme pour le sucre, il importe de ne pas oublier ce que nous avons dit plus haut, notamment § 1133.

1172. A ce même point de vue, la méthode de division des betteraves qui mérite la préférence est celle de la cuisson, opération suivie d'un pressurage, ou bien le râpage dans une chambre de vapeur que j'ai proposé, même pour l'extraction du sucre (§ 700). Les jus de betteraves préparés à l'aide de ces deux méthodes, de la seconde surtout, peuvent être *complétés* dans de l'eau tiède, puis traités par l'acide et présentent alors tout leur sucre exactement inverti, *au maximum*, et dans les meilleures conditions pour une bonne fermentation alcoolique. Aucune autre influence ne peut s'établir si les indications dont on vient de lire le tableau sont rigoureusement suivies, ce qui est facile.

1173. *Mise en fermentation.* — Les moûts obtenus sont versés encore tièdes dans les cuves; on les additionne, à l'instant, de la quantité voulue de bonne levûre, et l'on peut être assuré de développer toujours une fermentation régulière, prompte, et avec le maximum de rendement.

La proportion de levûre peut être calculée de la manière suivante : 1/1500 du poids du sucre. Ainsi pour une cuve de 100 hectolitres, contenant un moût à 8/100, soit 800 kilogrammes de sucre, on peut se contenter de $0^{kg}.53$ de levûre *sèche*. Ici le mot doit être souligné, parce qu'il ne signifie pas uniquement *séchée*, à l'air ou par la pression; il veut dire tout à fait privée d'eau, *anhydre*. La bonne levûre sèche, comme on l'entend d'ordinaire, contient 95/100 d'eau (§ 211), par conséquent 0.53 doit être multiplié par 20, ce qui donne $10^{kg}.6$. Crainte d'insuccès, à défaut de qualité, ce

Digitized by Google

nombre est ordinairement porté à 15 ou même 20 kilogrammes. Soit, au maximum, 1 kilogramme pour 5 hectolitres (1).

La levûre de betterave n'a pas autant d'activité : on doit encore augmenter sa proportion, ou mieux, la mêler avec de la levûre de bière.

Il est bon d'ajouter, par hectolitre de moût, 1 kilogramme de farine de seigle macérée dans de l'eau à + 60 degrés, et un peu de malt, 50 à 100 grammes, pour économiser la levûre.

1174. Le besoin d'économie a fait chercher le maximum de concentration du moût de mélasse destiné à fermenter; moins le moût est aqueux, moins la distillation de l'alcool exige de charbon, moins aussi l'évaporation des vinasses. On a trouvé le maximum à 11 degrés densimétriques. La mélasse, en un tel état, fermente vivement; elle peut atteindre + 30 degrés en vingt-quatre heures, mais cette vivacité présente un inconvénient fâcheux : l'alcool formé passe très-vite au vinaigre. On a cru pouvoir éviter cette acidification en ne laissant pas monter le liquide en fermentation au delà de + 27 degrés, faisant couler une moitié dans une cuve vide, et ajoutant à chacune des deux moitiés autant de mélasse qu'elle en contenait; cette mélasse est prise aussi à 11 degrés; la fermentation, un moment suspendue, reprend sa marche et s'achève sans une trop forte élévation de température. Cette méthode ne donne pas toujours un bon rendement : le refroidissement brusque, en pleine fermentation, paraît empêcher toute modification ultérieure de la partie du sucre inverti qui reste entière à ce moment.

1175. Cette fermentation a été signalée § 258. Nous en avons vu les causes générales. Dans les mélasses acidulées par l'acide sul-

(1) On calcule souvent d'une autre manière le poids de levûre à employer : On prend 15 millièmes du poids de mélasse amenée à 40 degrés densim. (+ 20°). Soit, en d'autres termes, 1.5 kilogr. de levûre pour 100; on dissout celle-ci dans de l'eau jusqu'à 5°.5 ou 6°, en lui donnant + 22° en été, 24° en hiver. L'opération n'est pas facile avec des matières froides. J'ai conseillé de chauffer la mélasse vers 100° par des vapeurs d'échappement et de la faire tomber en filet dans l'eau, tout auprès des palettes d'un agitateur faisant trente tours par minute; la solution est complète et très-aisément conduite au degré donné.

Digitized by Google

furique, l'acide azotique, des azotates, est mis en liberté : c'est lui qui réagit, sous l'influence de la chaleur de fermentation, avec les nombreux éléments du moût, sucre inverti, matières azotées et acides formés par un commencement d'oxydation du sucre :

Acide hexénique $C^{12}H^{12}O^{14}$
Acide hexépique $C^{12}H^{12}O^{16}$, etc.
Acide triéjique $C^{6}H^{6}O^{10}$ (§ 54).

Ces acides existent dans les mélasses à l'état de sels neutres; ils ont échappé jusqu'à présent, d'abord parce qu'on n'a jamais soupçonné leur présence, les deux derniers étant inconnus, ensuite parce qu'aucune analyse de mélasse très-attentive n'a été complétée, enfin parce que la recherche de ces corps essentiellement altérables est on ne peut plus difficile. Mais je profite de cette occasion pour répéter que leur formation n'exige pas un oxydant aussi énergique que le permanganate; elle a lieu dans une foule de circonstances, avec des oxydants très-nombreux et très-variés, avec l'oxygène de l'air lui-même, par une action semblable à celle du § 139, suivant l'équation

M $$n = \frac{108}{8} = 22.5$$

$$22.5O + C^{12}H^{12}O^{12} = C^{12}H^{12}O^{14} + 20.5O \quad (a)$$
$$= C^{12}H^{12}O^{16} + 18.5O \quad (b)$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$= C^{10}H^{20} + C^{2}H^{2}O^{4} + 10HO + 0.5O \quad (z)$$

Cette oxydation a été constatée; elle peut aller jusqu'à la combustion presque complète du sucre, c'est-à-dire jusqu'à (*z*) :

L'effet de l'oxygène a été méconnu parce que son action est lente, ses premiers produits difficiles à distinguer, et les derniers tout naturellement aptes à se confondre avec ceux d'autres actions.

Lorsque l'acide azotique est mis en liberté dans le moût de mélasse par l'acide sulfurique, les acides dont je parle sont rendus libres en même temps, et la fermentation devient nitreuse par l'une des actions

M $$n = \frac{196}{63} = 3.11 \quad \text{soit } 3$$

$$3AzO^{5}HO + C^{12}H^{12}O^{14} = C^{12}H^{12}O^{16} + AzO^{3} + AzO^{5}HO + HO$$

Digitized by Google

L'acide azotique ne subsiste pas; il donne, soit avec $C^{12}H^{12}O^{14}$, soit avec $C^{12}H^{12}O^{16}$, une action

M

$$n = \frac{196}{48} = 4.07 \quad \text{soit } 4$$

$$4\,AzO^3 + C^{12}H^{12}O^{14} = C^{12}H^{12}O^{18} + 4\,AzO^2$$

$C^{12}H^{12}O^{18}$, nouvel acide doué vraisemblablement de propriétés très-analogues à celles des deux précédents.

La fermentation nitreuse est ainsi très-facile à comprendre ; mais est-elle aussi facile à prévenir? Jusqu'à présent on ne connaît aucun remède.

Peut-être l'arrêterait-on complétement en se fondant sur la propriété des acides hexénique, hexépique, etc., de donner avec le sulfate de peroxyde de fer des précipités ocreux parfaitement insolubles. Ce sulfate est très-peu coûteux. On ajouterait de sa dissolution avec les dernières parties d'eau nécessaires pour préparer le moût de mélasse à 6 degrés. Le dépôt serait séparé au filtre Taylor, en ajoutant, au besoin, un peu de sable (brique pilée, etc., etc.) pour faciliter la filtration. L'eau de lavage servirait à compléter la dilution du moût à 6 degrés. L'acide sulfurique ne serait ajouté que dans le moût ainsi purifié, la levûre ensuite, et la fermentation, débarrassée des corps si altérables dont nous parlons, n'offrirait plus l'accident si pénible et coûteux des vapeurs nitreuses.

1176. La rapidité de la fermentation des mélasses peut être augmentée. C'est, en général, une bonne chose, parce que la fermentation vive donne ordinairement les meilleurs produits. C'est parfois une nécessité lorsque, comme en Belgique par exemple, les droits sont perçus en raison de la contenance des cuves et du temps pendant lequel cette contenance est occupée.

Les distillateurs belges et allemands emploient, d'après Lacambre (1), « du malt seul ou mélangé avec un peu de seigle fine» ment moulu, le produit de la macération est versé sur un bac où » on le laisse refroidir pendant dix à quinze heures ; puis on le fait » couler dans une petite cuve en y ajoutant un peu d'eau tiède pour

(1) *Traité de la fabrication des bières*, t. II, p. 348.

Digitized by Google

» amener la densité à 4 ou 5 degrés (densim.) et sa température
» à + 22 ou 24°; on y ajoute enfin un peu de levûre ou un peu de
» moût en fermentation, et quand ce mélange a fermenté lentement
» pendant vingt-quatre ou trente-six heures, il est propre à servir
» comme levain. »

1177. Il est facile de suivre la marche de l'opération : de comparer le thermomètre à l'air et dans le liquide; de suivre avec le densimètre (ou le sucromètre Maumené) la diminution du sucre dans le moût; de veiller, en un mot, à la régularité continue du travail. (Bien entendu ces observations doivent être faites en tenant compte des recommandations développées §§ 553 et suivants.) On note ces indications sur une ardoise ou un petit tableau noir accroché à chaque cuve, ou au mur voisin, et on les relève chaque jour sur le registre de la cuverie.

L'emploi de ces moyens permet une surveillance facile : on reconnaît promptement les irrégularités de la fermentation et leur cause. Si la levûre est bonne, c'est que le dosage de mélasse et d'acide, ou de levûre elle-même, a été fait inexactement. Si la mélasse est irréprochable, c'est que la levûre n'est pas de bonne qualité.

Lorsque la fermentation est trop active ou lorsque la levûre, un peu putride, amène les fermentations lactique, butyrique, etc. (§ 267), il importe d'arrêter ses effets, presque toujours manifestés par une élévation rapide de la température et le mélange de l'hydrogène à l'acide carbonique recueilli en G. Le meilleur moyen d'abaisser la température, je le répète, consiste à plonger dans la cuve un serpentin en plomb, dans lequel on fait passer un grand volume d'eau froide. Mais l'embarras causé par le tube dans la cuve (où il doit être à demeure), et la dépense d'eau nuisent à l'adoption générale de ce moyen. On peut lui donner une autre forme; faire transvaser le liquide par un tube entouré d'un manchon où circule de l'eau froide; mais c'est encore plus gênant et coûteux. On emploie cette marche dans plusieurs brasseries, où le liquide à produire peut supporter ces frais. On peut encore

Digitized by Google

faire usage des systèmes de refroidissement par évaporation d'un liquide très-volatil prenant sa chaleur latente dans le moût (ammoniaque de Carré, éther de Tellier, etc.).

Si le refroidissement ne suffit pas, la seule ressource, pour ne pas perdre tout le contenu de la cuve, c'est de neutraliser par la chaux, laisser déposer, soutirer le liquide clair et le transvaser. On peut alors l'acidifier de nouveau, le mêler de bonne levûre nouvelle et recommencer la fermentation. En général on doit douter du succès; il est bon d'essayer une petite quantité.

1178. La fermentation est terminée quand l'acide carbonique cesse de se dégager; on le sait par l'emploi du petit appareil de Gay-Lussac (fig. 224) : A est une cloche ou cylindre de cuivre étamé,

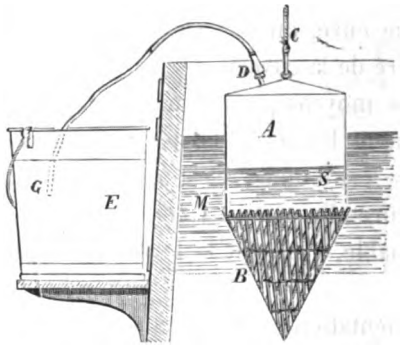


Fig. 224.

fermé en haut, ouvert en bas, où on attache un panier conique d'osier, ou de toile métallique, faite avec des fils de cuivre étamés : une corde C nouée dans l'anneau du couvercle va passer dans une première poulie, puis dans une deuxième, et soutient un contre-poids, ce qui permet à la cloche de flotter à la surface S du moût M. Un petit tube de plomb, ou de caoutchouc, DG, fixé sur l'ajutage D, permet au gaz, filtré en B, réuni sous la cloche en A, de se dégager en bulles dans l'eau du petit seau E, soutenu près des bords de la cuve.

1179. La fin de la fermentation est encore accusée par la diminution de densité. Aussitôt que cette densité devient stationnaire,

Digitized by Google

c'est que le sucre a disparu tout entier; il ne se produit plus d'alcool de la densité 0,79, et il ne disparaît plus de sucre de la densité 1,59. La vinasse reste avec une densité un peu supérieure à celle de l'eau, à cause des sels dont elle est chargée; cette densité ne varie plus. Un densimètre très-sensible, donnant les vingtièmes de degré, peut donc avertir exactement de la fin des fermentations; il est bon de ramener, chaque fois qu'on examine la vinasse, une même température, + 15 degrés par exemple; on y parvient avec de l'eau de puits fraîche, où l'on place un instant l'éprouvette de fer-blanc contenant la vinasse, pour y plonger le densimètre. On met d'abord un thermomètre dans cette vinasse, et on agite : dès que la température arrive à + 15 degrés, on remplace le thermomètre par le densimètre.

Une disposition assez simple rend ce travail facile : on fait construire l'éprouvette de fer-blanc avec un petit serpentin intérieur en tube d'étain pur : le haut de ce tube porte une virole facile à adapter au robinet d'un réservoir d'eau froide : on emplit l'éprouvette de la vinasse à essayer; on la porte sous le réservoir et on ajuste la virole au robinet : le thermomètre est mis dans la vinasse, on ouvre le robinet pour donner l'eau froide dans le serpentin, d'où elle s'écoule par un tube de caoutchouc; en un instant le thermomètre promené dans la vinasse baisse à + 15 degrés. On ferme le robinet, on dévisse la virole, on détache le caoutchouc. La vinasse est prête. On met le densimètre à la place du thermomètre, etc.

1180. Un moyen plus sûr encore et d'un emploi rapide, c'est l'usage des bandelettes de mérinos imprégné de bichlorure d'étain que j'ai conseillées en 1850 : on trempe du mérinos blanc, durant trois ou quatre minutes, dans une solution aqueuse de bichlorure, faite avec 100 grammes de ce corps et 200 grammes d'eau commune; on fait égoutter le liquide et sécher le mérinos au bain-marie, ou à l'étuve. On le découpe en bandelettes de 6 centimètres de longueur, 1 de largeur, ce qui le rend maniable comme les papiers de tournesol, de curcuma, etc. Pour juger la fin de la fermentation, il suffit de tremper rapidement une bandelette, à moitié, dans

Digitized by Google

la vinasse et de la porter sur un tube de vapeur directe, c'est-à-dire chauffé à + 153 degrés environ ; la vinasse est séchée en un instant ; tant qu'elle conserve du sucre, la partie du mérinos immergée devient *noire :* aussitôt que le sucre a disparu, le mérinos porté sur le tube brûlant reste avec sa nuance très-légèrement brunie (1).

1181. *Accidents.* — Le plus ordinaire est la formation d'une écume, ou mousse, abondante au point de déverser par-dessus les bords. On observe cette formation par une petite porte ajustée au couvercle. Il faut éviter le débordement, parce que l'écume répandue, sur les parois des cuves et jusque sur le sol, devient promptement le siége de fermentations, acide, putride, etc. L'air en est vicié et, de plus, la fermentation alcoolique serait elle-même troublée.

On remédie à l'inconvénient par une simple agitation ; mais si ce moyen ne suffit pas, on fait dissoudre du savon noir (ou vert, ou gras, c'est le même), dans trois fois son poids d'eau, pour en arroser l'écume, à l'aide d'un balai, ou de tout autre moyen analogue. Ce savon, qui semblerait devoir augmenter la mousse, l'oblige au contraire à s'affaisser, presque complétement, par un effet semblable à celui dont nous avons parlé § 886 ; l'acide carbonique se dégage plus régulièrement (2).

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, XXX, 314.

(2) Je dois rappeler ici les dangers causés par l'acide carbonique ; j'en ai donné très-soigneusement l'explication dans les paragraphes 553 et suivants ; mais je ne saurais trop y insister, puisque chaque année de nombreuses personnes sont atteintes par le gaz carbonique ou même succombent à son action. Il faut ne pas oublier qu'une flamme (de lampe ou de bougie) est le meilleur moyen de juger si l'air est dangereux. Pendant les fermentations, il est tout à fait indispensable de ne pas entrer dans les cuveries sans une lumière : tant que celle-ci brûle avec éclat, on peut être assuré de n'avoir rien à craindre ; mais si la flamme pâlit, diminue, et surtout si elle s'éteint, on doit retourner sur ses pas à la hâte et respirer l'air pur. — En général on doit tenir les cuveries fermées, et cela malgré le peu de hauteur des plafonds. Le gaz carbonique des cuves peut remplir la cuverie, du moins à la hauteur de la tête des hommes. Aussitôt le danger de mort est complet.

Ce danger est rendu bien moins redoutable par la grande hauteur des voûtes, très-commune dans plusieurs régions de Belgique et d'Allemagne. L'air est sans cesse en mouvement dans une salle aussi haute, par le simple effet de la chaleur

Digitized by Google

1182. *Procédés de distillation.* — Lorsque la vinasse est complète, lorsqu'il ne reste plus de sucre à fermenter, on procède à l'extraction de l'alcool, c'est-à-dire à la distillation.

Le procédé général consiste à faire bouillir la vinasse et à diriger les vapeurs dans un appareil de condensation. L'alcool pur bouillant à + 78°,4 (sous la pression 0ᵐ,760), tandis que l'eau bout à 100 degrés (sous la même pression), on comprend que les premières vapeurs seront de l'alcool presque exempt d'eau et les dernières de l'eau sans alcool.

En effet, si l'on distille une vinasse dans un appareil de laboratoire, celui du § 526 par exemple, on recueille, en fractionnant les produits par vingtièmes, d'abord de l'alcool à 75 c. et à la fin de l'eau pure. Si l'on fractionne par centièmes, le premier produit est de l'alcool à 90 ou 92, etc., etc.

Au lieu de distiller sous la pression de 0ᵐ,760, ordinaire dans l'air, on peut distiller presque sans pression, dans le vide, et par conséquent à des températures moins élevées. Dans un vide de 5 centimètres de mercure, l'alcool pur ne demande pas plus de 16 degrés pour bouillir, et l'eau pas plus de 38 degrés. On peut donc économiser du combustible dans la distillation, car celui dont

des cuves. Les brasseurs, ou distillateurs, croient cette disposition meilleure qu'une ventilation dans une petite salle : ils ont raison. La cuverie peut demeurer fermée sans perdre sa chaleur, et le gaz carbonique y est mêlé avec assez d'air, par l'effet du courant, pour ne pas offrir de danger bien sérieux. Faisons toutefois une remarque : le courant ne s'établit bien que si le tiers au moins du sol de la cuverie n'est pas couvert par des cuves. A côté de celles-ci, d'où la chaleur fait commencer le courant, il est nécessaire d'abandonner un espace froid sur lequel retombe l'air après avoir touché les voûtes.

Dans les cas d'accidents, le premier secours à donner aux asphyxiés, c'est l'air pur. On pétrit, au besoin, la poitrine de l'homme étendu sur un lit, pour forcer les mouvements de la respiration à se rétablir. En même temps on approche lentement de son nez un linge imbibé d'ammoniaque faible (un petit verre d'alcali volatil des pharmaciens et cinq petits verres d'eau). La vapeur de ce mélange condense l'acide carbonique en un liquide qui n'a rien de dangereux et débarrasse les poumons du gaz mortel. Tout autre vapeur est nuisible; il faut bien se garder d'employer du vinaigre, de l'eau de Cologne, de l'éther, etc., si ce n'est quand la respiration est rétablie; alors ces réconfortants sont d'un bon usage, mais pas avant. Un bon verre de vieux vin est le meilleur cordial dès que les forces reviennent.

Digitized by Google

on a besoin pour faire marcher les pompes à air est loin d'égaler ce qui reste en chauffant les vinasses à 38 degrés au lieu de 100.

1183. Une première question se présente donc : Faut-il distiller dans le vide ou sous la pression de l'air?

Jusqu'à présent la distillation dans le vide n'a pas été pratiquée : voici par quelle raison :

Lorsqu'on emploie des pompes à air et des chaudières, analogues au triple effet par exemple, les vapeurs du liquide soumis à l'ébullition viennent se condenser dans les pompes et sont évacuées, perdues. Une seule disposition permet d'éviter cette perte : c'est l'emploi de deux récipients, de forme semblable, servant l'un de chaudière, l'autre de récipient, communiquant entre eux, mais ne conservant aucune communication avec l'extérieur, une fois le vide fait dans leur ensemble : une pompe à air peut être employée pour faire ce vide; mais on peut l'obtenir, au moins aussi complet, en faisant usage de la vapeur; on amène un jet (à très-basse pression, très-peu plus d'une atmosphère) dans le récipient, dont la communication avec la chaudière doit être ouverte; quand la vapeur a bien expulsé l'air et rempli la chaudière et le récipient, on ferme le tuyau d'échappement, et on laisse refroidir; le vide se fait par condensation de la vapeur; il est d'autant plus complet que le refroidissement est plus fort. On fait couler alors un courant d'eau froide suffisamment rapide sur le récipient et, en même temps, on chauffe la chaudière. Les vapeurs du liquide, du vin de mélasse, passent dans le récipient et s'y condensent.

Il n'est pas difficile de comprendre le défaut d'un tel système : sans parler d'un grand obstacle, la presque impossibilité d'y entretenir le vide, à cause des gaz dégagés, pendant plus ou moins de temps, par le vin de mélasse, à cause des mauvais joints, etc., tout le monde voit de suite la nécessité d'ouvrir l'appareil chaque fois que le produit de la distillation doit être recueilli; des fractionnements nombreux étant nécessaires, il faut souvent refaire le vide, ce qui perd du temps et une grande masse de vapeur. D'ailleurs le fractionnement des parties distillées ne remplit aucunement le but que

Digitized by Google

le distillateur doit atteindre et où l'on arrive, avec une grande sûreté, par les méthodes que nous allons décrire, méthodes essentiellement conçues pour fonctionner sous la pression de l'atmosphère. L'emploi du vide, dont on obtiendrait de l'économie s'il permettait la concentration, ou seulement la distillation continue, de l'alcool, est donc impossible.

1184. *Appareils fonctionnant sous la pression de l'atmosphère. Appareils Savalle.* — Le système se compose de deux appareils distincts : 1° Le producteur des flegmes ou *colonne distillatoire;* 2° le rectificateur.

Colonne distillatoire. — Elle est représenté fig. 225. C'est un assemblage de vingt-cinq cadres rectangulaires, ou tronçons, en cuivre, munis chacun d'un regard, *a'*, et liés les uns aux autres par des pinces en fer connues (petites bandes de fer plates, repliées en deux). Le vin y est amené au travers du *chauffe-vin c*, par le tube *q*, d'où il coule sur le premier plateau, puis sur tous les autres. Le chauffe-vin est alimenté par une pompe, aspirant le vin dans un réservoir et le foulant par le tube *m* dans lequel il passe, à plein tube, suivant *mm*, ou d'une vitesse réglée par le robinet à cadran *u* (les coups de bélier sont amortis par la soupape *u'*) ; dans ce chauffe-vin pénètrent les vapeurs de la *colonne distillatoire aa*, élevées d'abord par le tube *k* (représenté, par erreur, à coude rectangulaire), dans un *brise-mousse b* (1), puis par le tube *l* dans la chambre tubulaire du chauffe-vin. Le vin échauffé dépasse régulièrement le sommet du tube *q* par lequel il descend sur le deuxième plateau supérieur de la colonne. Trois de ces plateaux sont représentés plus en grand fig. 228; chacun d'eux est muni du regard *a'*, fig. 228 et 230, et de trop pleins, ou brise-mousses, au 1/5 de la grandeur réelle (fig. 229); à mesure que le vin descend d'un plateau à l'autre, il est forcément traversé par les vapeurs montées

(1) Pendant la distillation il se forme quelquefois des mousses d'un volume assez grand pour monter jusque dans le tube *k*; un brise-mousses *b*, dont nous avons parlé, les arrête et leur permet de redescendre, avec le liquide de condensation, dans le troisième ou le quatrième tronçon supérieur, par le tube-siphon *r*.

Digitized by Google

jusqu'à ce dernier et leur cède une partie de sa substance alcoo-

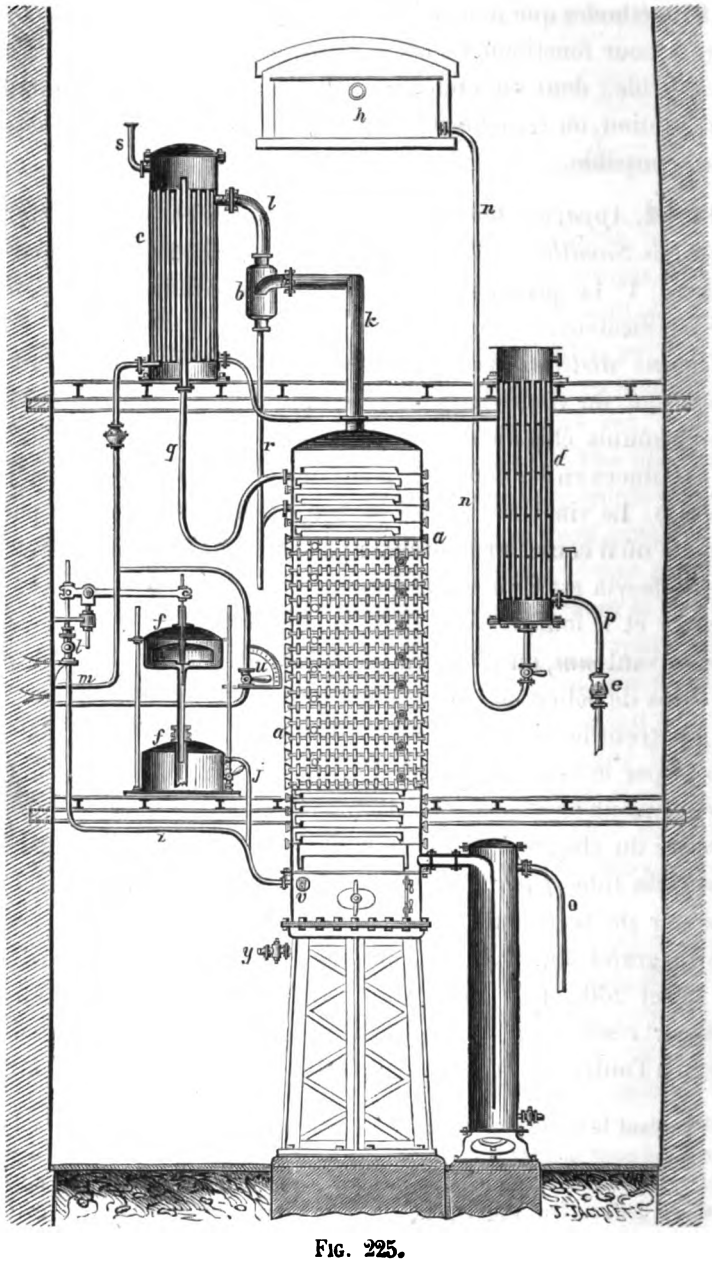


FIG. 225.

Digitized by Google

lique; arrivé tout en bas de la colonne, au travers des plateaux de

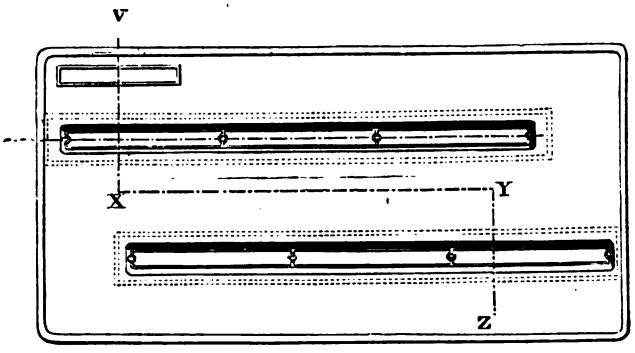


FIG. 226.

plus en plus échauffés, il tombe sur un serpentin, contenu dans la

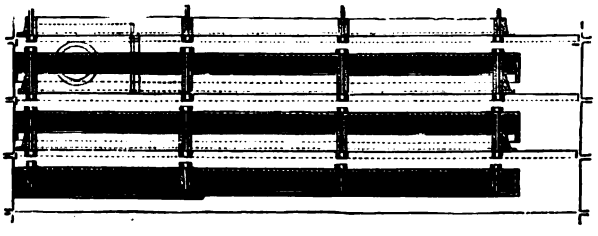


FIG. 227.

caisse *v*, parcouru plus ou moins rapidement par la vapeur du

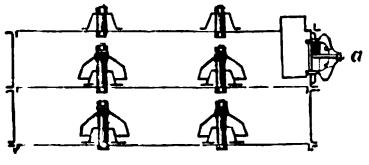


FIG. 228.

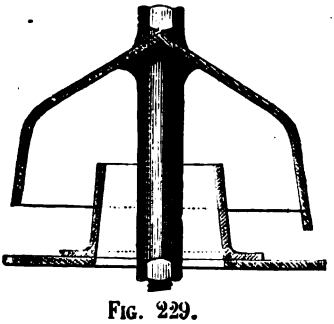


FIG. 229.

tube *li*, et perd ses dernières traces d'alcool; on met quelquefois la vapeur directement dans le vin lui-même, quand on ne craint pas

Digitized by Google

de l'étendre d'eau (dans le cas des jus fermentés de la canne, par exemple, et pour les betteraves), quelquefois dans un appareil tubulaire presque identique au réchauffeur A,A',R (fig. 178), placé à côté de la colonne et en contre-bas. C'est un deuxième chauffe-vin, ou le premier, si l'on veut, au point de vue du chauffage, puisqu'il reçoit la vapeur du chauffage dont la température est la plus haute; chaque plateau renferme deux capsules représentées en plan (fig. 226), en coupe transversale (fig. 227), en une se-

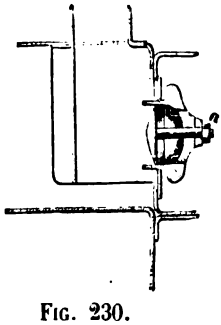


Fig. 230.

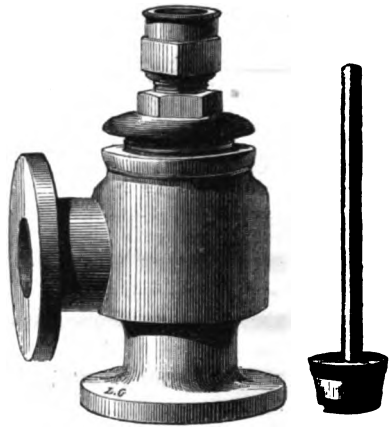


Fig. 231.

conde coupe transversale, perpendiculaire à la précédente, suivant V, X, Y, Z (fig. 228 et 229). On voit combien le trajet parcouru par le vin est allongé; ce parcours atteint 125 mètres, le vin est ainsi réduit en *vinasse*.

Cette *vinasse*, c'est-à-dire le vin épuisé d'alcool, descend du dernier tronçon de la colonne, qu'il a parcourue avec une vitesse d'environ 35 centimètres par seconde, dans un vase-siphon *g*, *o*, divisé en deux compartiments par la cloison médiane, facile à distinguer sur le dessin; elle descend du côté de *g*, passe sous la cloison, remonte du côté de *o* et s'écoule, par le tube *o*, dans un réservoir, si l'on doit en faire l'évaporation pour extraire les sels; dans une rigole conduisant au ruisseau, si la valeur n'en est pas appréciable.

Digitized by Google

Pour donner au chauffage une grande égalité, la vapeur est introduite au travers de la soupape *l*, plus ou moins ouverte par l'action du régulateur automatique *ff'*; ici, cette vapeur communique, par un tube *j*, avec la caisse inférieure où l'on a mis d'avance à peu près moitié de sa hauteur d'eau; la pression de la vapeur fait monter l'eau dans la caisse supérieure, ou flotte un tambour surmonté d'une tige d'acier liée à la soupape *l*, par un levier horizontal; quand la pression de vapeur est forte, l'eau soulève le tambour et le bout du grand bras de levier, ce qui fait baisser le petit bras et la soupape sur la tige de laquelle il repose. Ce régulateur est sensible à 1 centimètre d'eau ou 1 millième d'atmosphère, à très-peu près.

Les vapeurs alcooliques condensées dans le chauffe-vin produisent de l'alcool brut qui s'écoule, par le tube *zz*, dans le *réfrigérant* cylindrique tubulaire *d*, partagé par des cloisons horizontales en cinq compartiments, qu'il parcourt, l'un après l'autre, autour des tubes que traverse l'eau froide amenée d'un réservoir supérieur *h*, par le tube *nn* muni d'un robinet de réglage. Pour donner de la régularité même à cette opération, le réservoir *h* reçoit plus d'eau qu'il n'en fournit et déverse le surplus par un trop plein *h*.

L'alcool brut, en flegmes plus ou moins riches, coule par le tube *p* dans une éprouvette jauge *e*, disposée comme celle dont nous parlerons en décrivant le *rectificateur;* il est conduit aux réservoirs pour la rectification.

Terminons par les quelques détails relatifs à la structure de l'appareil : la colonne distillatoire est portée sur un châssis en fonte. Le robinet de vidage *y* est établi ou placé sous le cadre supérieur : un tube de niveau d'alcool montre sans cesse la hauteur de ce dernier; un trou d'homme permet de visiter et de nettoyer le serpentin.

La soupape de distribution est représentée en grand dans la figure 231, la soupape proprement dite est isolée à droite; la pièce où elle est contenue est à gauche; on distingue aisément la boîte de la soupape, la garniture à étoupe, et les tubulures de raccordement avec le tube d'arrivée de la vapeur : celle de gauche pour l'entrée, celle de dessous pour la sortie.

Digitized by Google

La figure 232 fait voir un régulateur fermé; le tube de gauche est en verre et permet de suivre des yeux les mouvements de l'eau.

Une colonne de ce genre permet de distiller en vingt-quatre heures l'alcool produit par 10 000 kilogrammes de mélasse. Tout le matériel de fermentation coûte environ :

1° Fermentation : dix cuves de 180 hectolitres.....	4.000
2° Réservoirs en tôle.....	6.500
3° Cinq pompes (une à jus, deux à eau, deux alimentaires).....	5.000
4° Colonne distillatoire avec support.....	18.500
5° Générateurs de 70 chevaux.....	15.350
6° Deux machines chacune de 6 chevaux.....	5.500
7° Rectificateur (chaudière en tôle).....	14.500
8° Tuyauterie, etc.....	6.500
9° Four de Wérotte (pour la potasse).....	6.000
	81.850

Ces dispositions, aujourd'hui très-simples, mais résultant des efforts de plusieurs générations d'inventeurs (1) permettent un travail continu, très-régulier et très-économique.

La colonne est supportée par un bâtis en fonte de fer, le vidage de la vinasse, en cas de besoin, est fait au moyen du robinet *y*. Un reniflard *v* donne de l'air toutes les fois que la vapeur se condense. Un large *trou de bras* au milieu de la caisse inférieure permet un nettoyage facile; à droite de ce trou la caisse est munie du tube de niveau.

Je ne crois pas devoir insister sur les appareils construits spécialement pour la distillation des matières pâteuses; en aucun cas leur distillation directe ne me paraît avantageuse; il vaut toujours mieux les étendre d'eau, ou de vinasse, en proportion suffisante pour filtrer un liquide et distiller ce liquide. Même en perdant un peu d'alcool, on obtient un bon résultat; les esprits, fabriqués de cette manière, ont toujours un goût beaucoup meilleur et reviennent, en définitive, beaucoup moins cher, tout compté.

Les vinasses ne sont pas toujours absolument exemptes d'alcool; on comprend qu'il est difficile, sinon impossible, d'éviter un peu de

(1) Le premier alambic remonte au IIIe siècle après J.-C.

Digitized by Google

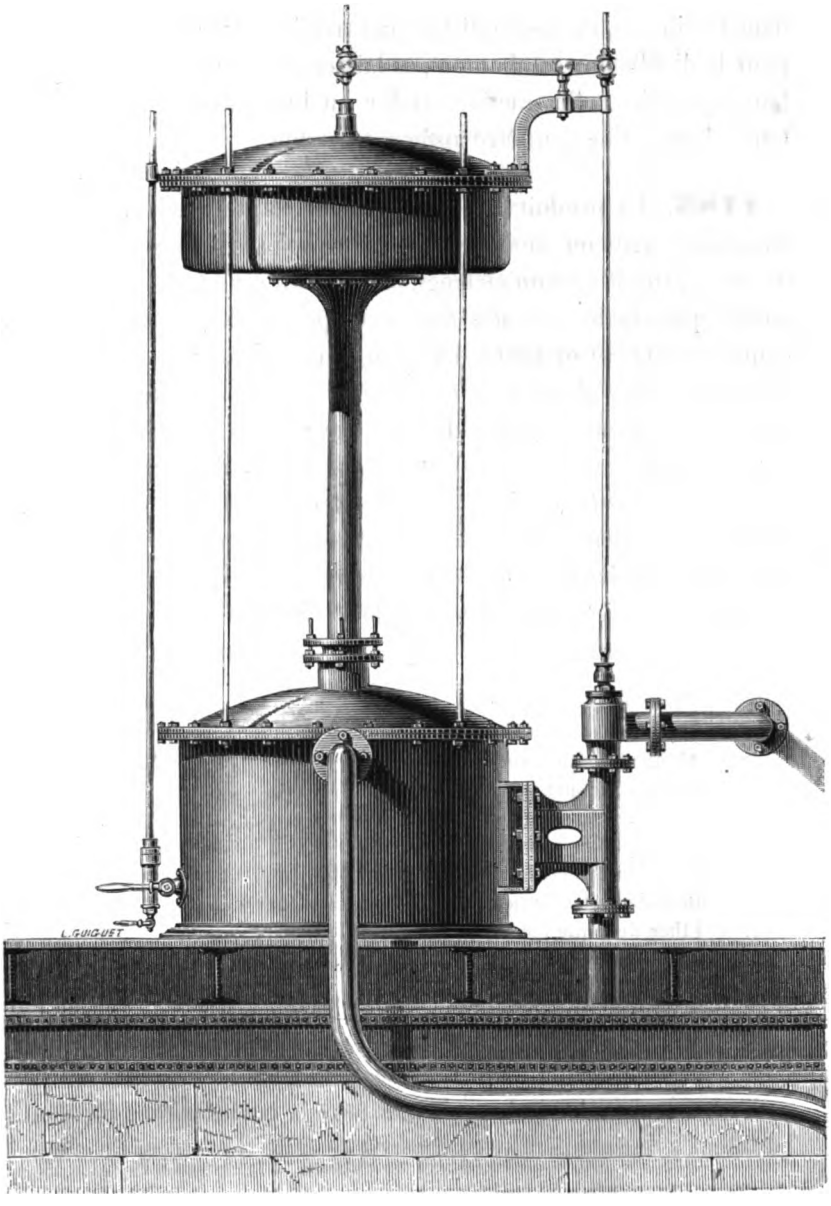


FIG. 232.

Digitized by Google

retour du liquide des plateaux, ou de ne pas laisser de l'alcool dans la vinasse, en cas de distillation trop rapide. Toute la question pour le distillateur est de n'en pas laisser plus que ne coûte la chaleur nécessaire à l'extraction. Grâce au bon entretien des régulateurs, la question peut être aisément résolue.

1185. Le produit des distillations est toujours un liquide alcoolique, plus ou moins riche, qu'on nomme *flegme* (1) ou *eau-de-vie*. Ce liquide est un mélange complexe d'eau et d'alcool, comme parties principales, et des autres corps volatils indiqués § 271, comme parties secondaires. La rectification a pour but d'extraire de ce mélange de l'alcool pur, c'est-à-dire exempt des parties secondaires, et concentré, c'est-à-dire mêlé avec le moins d'eau possible. On peut obtenir ce double résultat dans une seule et même opération, la *rectification :* c'est une distillation nouvelle conduite de manière à condenser presque séparément les produits volatils, en se fondant sur leurs points d'ébullition différents.

Sous la pression atmosphérique de $0^m,760$, les points d'ébullition sont les suivants :

Oxyde d'hydrogène (eau)	100°.0
Alcool monénique (esprit-de-bois) $C^2H^4O^2$	66°.5
Alcool diénique (esprit-de-vin) $C^4H^6O^2$	78°.4
Alcool triénique (propylique) $C^6H^8O^2$	96°.0
Alcool tétrénique (butylique) $C^8H^{10}O^2$	109°.0
Alcool penténique (amylique) $C^{10}H^{12}O^2$	132°.0
Bioxyde de diène (aldéhyde) $C^4H^4O^2$	22°.8
Bioxyde de triène (aldéhyde propylique) $C^6H^6O^2$	58°.0
Éther diédique (acétique) $C^4H^3O^3.C^4H^5O$	72°.0
Éther triédique (propylique) $C^6H^5O^3.C^4H^5O$	91°.0
Etc.	

Ces composés ne sont pas les seuls ; mais il suffit de les citer pour faire comprendre toute la difficulté d'une séparation complète de ces corps et de l'alcool dont on veut faire la purification ; plusieurs bouillent à des températures voisines de celle de l'alcool lui-même.

(1) φλέγμα, pituite.

Digitized by Google

PURIFICATION DE L'ALCOOL.

1186. L'alcool n'a par lui-même qu'une odeur vive, mais rien d'âcre ou de désagréable. Les alcools produits avec la canne, la betterave, la vigne, etc., ont des odeurs très-variées, plus agréables, parfois, que celle de l'alcool pur, mais parfois aussi très-désagréables. La raison de ces différences est bien connue : c'est que l'alcool de ces origines diverses est accompagné d'autres produits volatils dont l'odeur est tantôt plus agréable que la sienne, et tantôt désagréable. Les alcools de la vigne, ceux de la canne, sont souvent, presque toujours, dans le premier cas; ceux de betteraves et de quelques autres végétaux presque toujours dans le second.

Les odeurs agréables sont dues à d'autres alcools, $C^{2n}H^{2n}(HO)^2$, et surtout à des éthers simples $C^{2n}H^{2n}$, HO ou composés $C^{2n}H^{2n}$, HO, A, dans lesquels A est un acide anhydre; à des bioxydes d'hydrocarbures (aldéhydes) $C^{2n}H^{2n}O^2$, peut-être encore à des huiles essentielles, hydrocarbures purs ou peu oxygénés.

Les alcools ont été reconnus dans les produits de la betterave par divers chimistes. I. Pierre et Puchot ont surtout éclairé la question. Ces habiles chimistes ont obtenu des produits bouillant à + 22°, 78°,5, 98°, 108° et 130°. Je ne puis entrer dans de longs détails sur leur méthode, très-analogue à celle de la distillation en grand. Je dirai seulement que, partant d'un alcool brut, enrichi, dans la distillerie même, par fractionnement et dont le point d'ébullition était 79°—80°, ils ont obtenu au laboratoire :

1er produit (par rétrogradation) bouillant à.. 76°	77°
2e reprise.....	65°
3e reprise.....	45°
4e reprise.....	24°
5e reprise.....	22° (1)

(1) On peut connaître le nombre de ces corps et même les isoler complétement par l'ingénieuse méthode de *rétrogradation* de I. Pierre et Puchot, indiquée dans leur Mémoire. Cette méthode est toujours celle de Bérard, dont nous aurons à parler un peu plus loin, mais avec cette condition d'entretenir le

Digitized by Google

Le produit est du bioxyde de diène $C^4H^4O^2$ (aldéhyde). Ce corps bouillant à + 22 degrés est retenu « en proportions appréciables » tant que le résidu alcoolique dont on cherche à l'extraire n'a pas » atteint la température de + 78,°5 ». La présence du bioxyde de diène dans l'alcool est caractérisée par une couleur jaune verdâtre, dont le maximum paraît correspondre au mélange bouillant à 70°—75°, lequel renferme une autre matière encore inconnue; 60 litres d'alcool mauvais goût peuvent donner 1,5 litre d'aldéhyde bouillant à + 22° tout en conservant 0,5 environ du même corps dans le résidu. C'est à peu près 3/100 du volume. L'alcool brut augmente de degré par la séparation de l'aldéhyde; s'il marque d'abord 75 degrés, supposons-le, ce degré peut monter à 78, 79, 80 après l'élimination du bioxyde de diène (dont la densité est 0,805 à zéro, inférieure à celle de l'alcool 0,815). Cette irrégularité, cette augmentation de densité de l'alcool par un corps dont la densité est moindre, paraît due à une action chimique, d'après les deux auteurs (1).

I. Pierre et Puchot ont obtenu ensuite de l'alcool triénique (propylique), de l'alcool tétrénique (butylique) et de l'alcool pentènique (amylique). Ils attribuent surtout à ce dernier le mauvais goût des esprits à la fin des rectifications. Je crois que c'est là une erreur. Le soufre est un élément bien autrement efficace, comme nous allons le voir.

L'éther diédique (acétique) a été obtenu par les mêmes chimistes;

condenseur à une température fixe, à 40° par exemple, pour ne laisser passer, au delà de ce condenseur, que les vapeurs assez volatiles pour persister à cette température et faire *rétrograder* continuellement dans l'alambic les liquides condensés. Ce résultat est obtenu très-simplement en conduisant les vapeurs de distillation, dès leur sortie de l'alambic, au bas d'un serpentin entouré d'eau maintenue à N degrés, 40° par exemple, au moyen d'un régulateur de gaz, et en produisant la distillation elle-même avec une grande lenteur. Les auteurs insistent avec raison sur la nécessité de deux conditions fondamentales (ces deux conditions n'en font qu'une) : la patience et le temps.

(1) On observe d'assez nombreux faits de ce genre : tout récemment j'ai reconnu que l'éther diédique (acétique), dont la densité est plus grande que celle de l'alcool, ne change pas sensiblement sa densité à la dose de quelques millièmes (*Ann. de chim. et de phys.* [5], IX, 503).

Digitized by Google

il bouillait un peu au-dessus de + 72 degrés. Sa densité était 0,904 à zéro (1).

Aucun autre éther n'a été isolé d'une manière précise; mais la présence d'un grand nombre de ces corps, en très-petites quantités d'ailleurs, n'est pas douteuse; je ne puis donner ici les motifs de cette conviction, mais elle est générale. Ce sont ces éthers qui donnent aux diverses espèces d'alcool diénique (ordinaire) leurs odeurs caractéristiques; je l'ai montré avec une grande évidence pour le vin (2). On trouvera utile de connaître mes expériences; les voici :

1187. Les produits alcooliques de la canne sont supérieurs, comme son sucre, à ceux de la betterave; mais leurs impuretés ne paraissent pas très-différentes. C'est surtout leur abondance qui est moindre. Les causes de mauvaise odeur et de mauvaise saveur paraissent à peu près les mêmes.

1188. Les odeurs désagréables sont dues à des éthers, ou des composés analogues, dans lesquels entre le soufre, ou le phosphore ou quelquefois même l'arsénium (3).

Le soufre est la principale cause des mauvaises odeurs; on le sait bien par l'affreuse odeur des œufs pourris où le soufre est très-abondant : on peut le vérifier, très-promptement, par des expériences bien simples. Prenez de l'alcool plus ou moins riche, et de bonne odeur, ajoutez, dans 1 litre, une ou deux gouttes de dissolution aqueuse d'acide sulfhydrique, cet alcool prend en un instant mauvaise odeur; je ne dis pas mauvais goût, quoiqu'il prenne les deux, parce qu'il faut d'abord avoir soin de distinguer. La bonne ou mauvaise *odeur* n'est pas accompagnée nécessairement d'un bon ou mauvais *goût;* cela se montre souvent, mais non toujours, et il y a des différences bien plus grandes qu'on ne le croirait.

Le bioxyde de diène (aldéhyde) est au moins aussi altérable sous

(1) *Ann. de chim. et de phys.* [4], XXII, 234 et XXVI, 145.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, LVII, 482. — *Journal de pharmacie*, XLV, 99.

(3) C'est le nom que j'ai donné depuis longtemps au métalloïde contenu dans l'*arsenic* (acide arsénieux).

Digitized by Google

cette influence ; il donne du sulfure de diène, $C^4H^4S^2$, corps solide, mais soluble dans les liquides alcooliques et d'une odeur alliacée très-forte.

Il n'y a pas de doute possible sur l'identité des produits infects contenus dans les alcools de betteraves avec ceux dont je viens de parler ou d'autres analogues.

Ceux du phosphore ou de l'arsénium prennent aussi naissance dans des conditions semblables à celles des composés de soufre, et voici d'une manière générale ces conditions :

Pendant la cuite des sirops, ou pendant leur séjour dans les emplis, et surtout pendant les fermentations, les substances albuminoïdes qui contiennent du soufre (§ 591) sont décomposées en dérivés sulfurés d'une nature encore complexe, puis peu à peu en d'autres, de nature plus simple, et même en hydrogène sulfuré HS. L'alcool et les autres corps volatils, produits par la fermentation, donnent avec ces dérivés sulfurés des composés fétides, encore volatils, et dont il est presque impossible de débarrasser l'alcool proprement dit. Le phosphore est à peu près dans le même cas que le soufre : il provient presque des mêmes substances, ou des phosphates, etc. L'arsénium provient des variétés d'acide sulfurique ajoutées dans les fermentations.

1189. La plupart des composés fétides, sulfurés ou phosphorés, peuvent être détruits par des procédés chimiques, ou absorbés par un agent physique, le charbon. Examinons ces deux moyens. Parlons d'abord du charbon.

L'expérience montre que les charbons absorbent avec une grande force la plupart des odeurs ; longtemps les esprits à 95 degrés venant d'Allemagne ont joui d'une grande réputation, et la méthode de leur purification consistait presque uniquement à leur faire traverser de nombreux filtres remplis de charbon de bois. L'alcool en lui-même n'est pas absorbable, mais il abandonne au charbon les composés fétides sulfurés. Les filtres sont tout semblables aux filtres à noir ; ils sont fermés (§ 921). Le charbon après saturation peut être chauffé dans des appareils de distillation, la chaleur de 200 dé-

Digitized by Google

grés suffit pour vaporiser les corps odorants. Le sulfure de diène bout à 200 degrés environ, et c'est l'un des plus résistants.

1190. Les méthodes chimiques de purification sont très-nombreuses. Tous les agents capables de prendre le soufre aux composés organiques peuvent être employés. Un exemple remarquable est fourni par l'argent, comme je l'ai montré dans ces dernières années (1).

Les vins de vigne des meilleures qualités perdent quelquefois leur finesse par suite du développement des composés sulfurés ou *sulfhydriques* dont j'ai parlé tout à l'heure; une pièce de 50 centimes laminée de manière à lui donner 6 ou 7 centimètres de longueur, et suspendue par un fil dans le tonneau, se colore et fait disparaître, en deux ou trois jours, un goût parfois très-mauvais qui masquait les qualités du vin. Ce moyen réussit souvent avec les alcools de betterave.

Les autres réactifs assez puissants pour absorber le soufre en décomposant les corps fétides qui nous occupent sont très-nombreux : j'ai donné leur liste dans un brevet pris en 1869 et cette liste est longue. Parmi les plus efficaces, je citerai les alcalis caustiques; on peut presque toujours obtenir d'excellent alcool, d'un goût et d'une odeur presque nuls (ce qu'on préfère même à la saveur et l'odeur agréables), en faisant les rectifications avec de la soude caustique. Depuis cette époque plusieurs distilleries ont obtenu d'excellents résultats par ce moyen si simple et si peu coûteux. 50 grammes de soude caustique à 34 degrés (densim.) suffisent pour 1 hectolitre d'alcool. Après l'opération, on retrouve l'alcali en partie saturé par des acides provenant de la décomposition des corps fétides, des éthers, etc. Ces acides peuvent être mis en liberté par l'acide sulfurique avec formation de sulfate de soude. On tire un certain parti de ces produits.

Je citerai encore l'alcool sodé $C^4H^5NaO^2$ qui donne de bons résultats. Pour son emploi et pour celui des autres réactifs, je renverrai au brevet.

(1) *Traité du travail des vins*, 1874, p. 167.

Digitized by Google

L'emploi des agents chimiques peut suffire à enlever les éléments de la mauvaise odeur ou de la mauvaise saveur des phlegmes; mais ils ne pourraient, économiquement, priver ces phlegmes de leur eau pour fournir de l'alcool absolu, ou au moins d'une grande richesse. On a, depuis longtemps, trouvé le moyen d'obtenir ce résultat par la distillation même, en la conduisant d'une manière particulière. Ce moyen porte le nom de *Rectification*.

1191. La méthode générale usitée pour rectifier l'alcool est fondée sur un principe dont la découverte est due à un simple praticien, Isaac Bérard, de Grand-Gallargues (Gard) et remonte seulement à 1805 (1). Ce principe consiste à exposer la vapeur du liquide alcoolique dans un cylindre divisé en compartiments plus ou moins nombreux, à des températures diverses par conséquent, et à séparer ainsi les différentes parties du liquide inégalement condensables. Ce principe a été qualifié par Chaptal de « *nec plus ultra* de la perfection », paroles que l'avenir a justifiées de jour en jour. Tous les appareils imaginés depuis ont réalisé des conditions de plus en plus favorables à la bonne application du principe, sans lui apporter la plus légère modification.

Mais si le principe est resté le même, les moyens d'application n'ont pas cessé d'être améliorés; ils sont aujourd'hui d'une simplicité et d'une efficacité assez grandes pour laisser peu d'espoir d'une amélioration nouvelle importante. On le comprendra sans peine après avoir étudié les appareils de l'un de nos meilleurs constructeurs, D. Savalle, dont la maison a, peu à peu, réalisé des perfectionnements nombreux et d'une très-sérieuse valeur.

Les premiers produits volatils n'ont pas seulement l'inconvénient d'une odeur désagréable, très-vive, suffocante; ils ont en outre celui de communiquer aux *esprits* la propriété de se colorer spontanément, après un temps plus ou moins long, même à l'abri de l'air (même dans les vases de verre les mieux fermés).

1192. *Rectificateur.* — La figure 233 représente un rectificateur n° 7.

(1) Figuier, *Merveilles de l'industrie*, 34e série, p. 446.

Digitized by Google

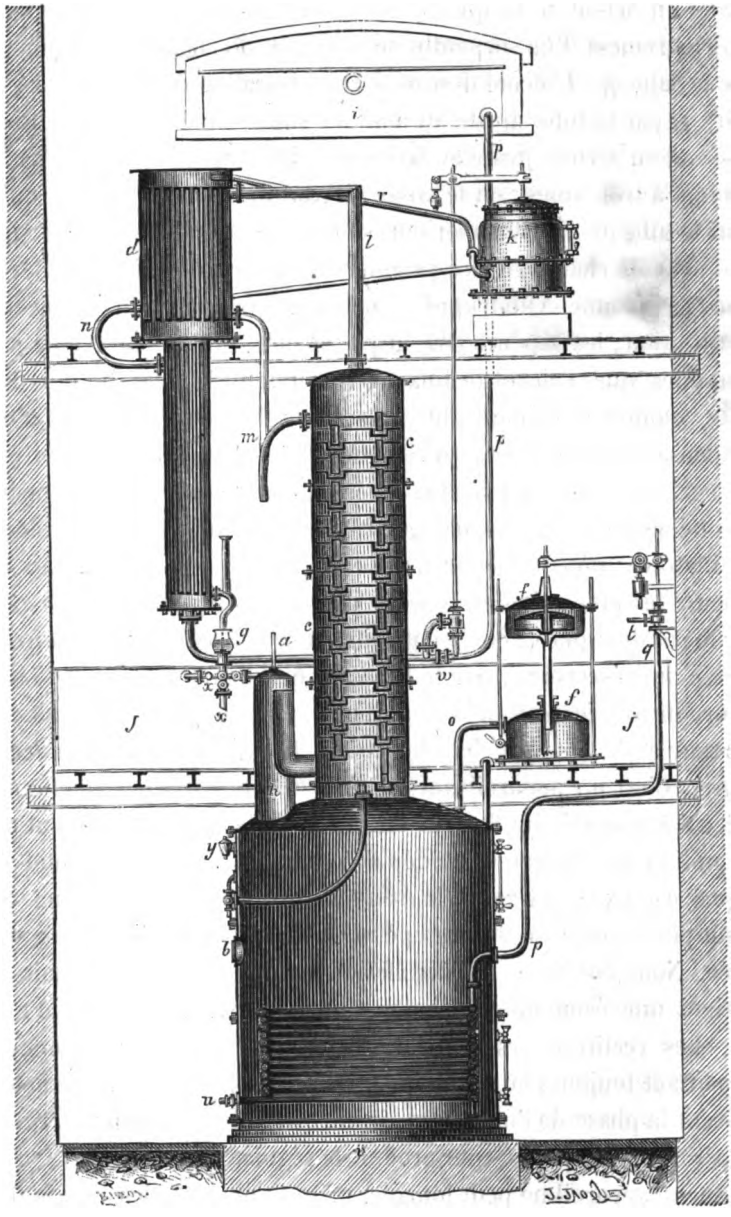


FIG. 233.

Digitized by Google

Sur un massif de briques *v* est établie une chaudière *uyp* munie intérieurement d'un serpentin où la vapeur de chauffage est amenée par le tube *qp*. L'alcool destiné à la rectification descend des réservoirs *jj* par le tube ajusté au fond du réservoir de droite, tube qui descend en arrière jusqu'au bas du rectificateur où il pénètre par un robinet à trois voies; on le laisse arriver jusqu'à la hauteur voulue dans le tube de niveau supérieur, et on ouvre le robinet pour donner la vapeur de chauffage; les premières vapeurs alcooliques s'élèvent dans la colonne cylindrique *cc*, où elles commencent à éprouver la rectification; les vapeurs des corps, alcools, éthers, etc., plus condensables que l'alcool ordinaire, reviennent à l'état liquide dans cette colonne et d'autant plus près de sa base qu'elles sont d'une condensation plus facile, qu'elles bouillent à des températures plus élevées, la forme des plateaux logés dans cette colonne pour opérer la condensation est très-analogue à celle des phalanges de la colonne distillatoire; nous reviendrons tout à l'heure sur leur nombre. Les vapeurs les plus volatiles passent dans le *condenseur tubulaire d*, par le col de cygne *l*, et s'y condensent sous l'action de l'eau froide versée du réservoir *i*, par le tube *pp*, qui l'amène à la partie inférieure du *réfrigérant* près de *g*; l'eau monte du réfrigérant au condenseur et déverse par le tube *r* dans le *régulateur de condensation k*. C'est un appareil qui modifie la vitesse de production de l'alcool à volonté; un flotteur fait mouvoir la tige verticale qui sort au milieu de l'appareil et déplace ainsi le levier horizontal sur lequel est fixée la tige de la soupape de distribution d'eau; cela suffit pour donner à chaque opération la proportion de travail assignée. Non-seulement la distillation est mieux réglée; mais on obtient une économie de combustible d'un tiers ou même de moitié. Les rectificateurs fonctionnant à une pression constante, et dépensant toujours la même quantité de combustible en une heure, suivant la phase de l'opération, il importe de ne pas laisser *traîner* l'opération, et c'est ce que produit le régulateur.

Aucun appareil ne peut fournir, mécaniquement, des alcools fins, sans saveur ni odeur, comme on les préfère aujourd'hui, en général. Ce qu'on peut obtenir c'est le *degré*, mais non les qualités chi-

Digitized by Google

miques ; celles-ci ne peuvent être obtenues que par les agents chimiques comme nous l'avons vu plus haut (§ 1188 et suivants).

1193. *Éprouvette-jauge.* — Elle est représentée fig. 234; E est un récipient en verre fermé par un couvercle métallique à bouton : les liquides hydro-alcooliques, amenés par le tube courbe en C, montent dans ce récipient autour d'un tube, moitié métal, moitié verre : le tube de verre est gradué, le tube métallique F est percé, près du O de la division sur verre, d'une ouver-

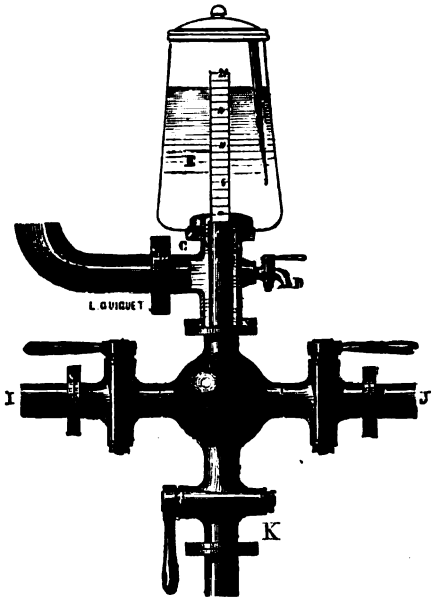


FIG. 234.

ture par laquelle tombe le liquide alcoolique dans la boule de distribution G, avec une vitesse plus ou moins grande, suivant la hauteur à laquelle il s'élève au-dessus de l'ouverture, hauteur indiquée par la graduation du verre. On sait, par une étude préalable, que l'écoulement, sous une hauteur de tant de centimètres, correspond à tant de litres en une heure. Les trois tubes ajustés sur la boule G permettent de séparer les trois produits de toute rectification :

Digitized by Google

1° Les *éthers* et l'alcool demi-fin par le tube I;
2° Les alcools fins (bon goût) par le tube J;
3° Les alcools (mauvais goût) par le tube K.

Un petit robinet D permet de constater à tout instant les valeurs des produits, leur bon ou mauvais goût.

1194. Le nombre des plateaux doit-il être aussi grand dans les colonnes distillatoires? Si le but à atteindre est de faire parcourir aux vapeurs une surface de condensation déterminée, le nombre des plateaux peut être moindre, à la seule condition de les agrandir. En second lieu, si la surface de condensation doit être très-grande *dans l'air*, elle peut être amoindrie *dans l'eau*, c'est-à-dire dans tout appareil où les parties condensantes sont mises en contact avec de l'eau froide. Un appareil allemand, le déphlegmateur de Pistorius, réalise ces conditions; il est d'une construction très-simple et on peut se le représenter sans le secours d'une figure; chaque tronçon est formé d'une boîte large, d'environ 1 mètre ou 1m,50, peu profonde, environ 20 centimètres, munie au centre de son couvercle et de son fond, tous deux légèrement bombés, d'un tube suffisamment ouvert pour le passage des vapeurs hydro-alcooliques. Le tube du fond est le tube d'entrée; les vapeurs qu'il amène s'étalent sous une vaste capsule, de même courbure que le couvercle, soutenue par des montants de manière que ses bords soient à moitié de la hauteur de la boîte, en laissant entre eux et les parois un espace équivalant à la section des tubes d'arrivée ou de sortie. Cette disposition produirait, à elle seule, tous les effets des appareils de Bérard les plus perfectionnés. Pistorius y ajoute l'action refroidissante de l'eau, beaucoup plus intense que celle de l'air. Il recouvre la boîte, dont nous venons de parler, d'une autre boîte plus petite, fermée, sauf deux trous auxquels sont fixés deux tubes par l'un desquels entre de l'eau, plus ou moins froide, qui entretient tout le couvercle du déphlegmateur à une température assez basse, malgré l'abondance des vapeurs hydro-alcooliques, et qui sort par le deuxième tube.

Ce système, assez répandu en Allemagne, n'a pas de supériorité

Digitized by Google

réelle sur nos appareils français. Plus réduit et, par conséquent, moins coûteux au point de vue de la masse métallique, il devient réellement onéreux par la dépense d'eau et du matériel nécessaire à l'emploi de ce liquide, sans fournir de meilleurs résultats.

Voici quelques expériences dues à un très-habile distillateur, Pezeyre, qui a bien voulu me les communiquer :

RECTIFICATION DE L'ALCOOL

Les plateaux sont numérotés de haut en bas.

DISTILLERIE A

Le 8 Janvier 1866.

Production de l'appareil, 75 à 80 litres à l'heure. — Appareil à calottes, condenseur Dubrunfaut. — Nombre de plateaux, 22, diamètre 0,70.

L'expérience est faite quand la chaudière est épuisée d'alcool, celui-ci marquant, à l'éprouvette, 90 degrés.

Numéros des plateaux.	Richesse alcoolique.	Numéros des plateaux.	Richesse alcoolique.
22.....	80.00	15.....	14.00
21.....	80.00	14.....	12.00
20.....	78.00	13.....	9.00
19.....	74.00	12.....	5.00
18.....	60.00	11.....	3.00
17.....	45.00	10.....	0.00
16.....	25.00		

DISTILLERIE B

Le 8 Août 1872.

Production de l'appareil, 150 litres à l'heure à 90°,2; diamètre de la colonne, 0m,80. — Nombre de plateaux, 22. — Système Cail.

L'expérience est faite lorsque la chaudière est épuisée d'alcool; celui qui arrive à l'éprouvette marque 90 degrés.

Numéros des plateaux.	Richesse alcoolique.	Numéros des plateaux.	Richesse alcoolique.
22.....	80.00	16.....	15.20
21.....	73.00	15.....	7.50
20.....	54.60	14.....	3.60
19.....	27.09	13.....	0.00
18.....	24.09	12.....	0.00
17.....	21.40		

Digitized by Google

DISTILLERIE C

Richesse alcoolique des plateaux de rectification (appareil mixte).

Le 24 Février 1876.

Production de l'appareil, 250 litres à l'heure. — Expérience faite au cœur de de la rectification.

Richesse de l'alcool, au condenseur	96.53
— à l'éprouvette	96.60
Richesse du liquide de la chaudière	33.52
— de la cuvette	68.28

Numéros des plateaux.	Richesse alcoolique.	Numéros des plateaux.	Richesse alcoolique.
16	96.34	8	94.30
15	96.26	7	93.70
14	96.09	6	92.95
13	95.87	5	92.14
12	95.62	4	91.15
11	95.32	3	89.05
10	95.00	2	86.30
9	94.65	1	81.29

Ainsi le nombre des plateaux pourrait être diminué :

Pour le premier appareil, de	10
Pour le deuxième	13
Pour le troisième	6

1195. Les deux appareils dont on vient de lire la description sont toujours les deux bases de tout établissement de distillation. Mais leur forme et leur installation varient notablement suivant la nature des matières premières. Il est utile de montrer les différences et nous allons citer les principales dans les articles suivants :

1196. *Distillation des produits de la fermentation directe des végétaux sucrés.* — 1° Betteraves.

La betterave est employée dans trois états : 1° en cossettes, dont le sucre est extrait par macération ; 2° en jus extraits par pression ; 3° en mélasse. Nous devons décrire brièvement ces trois conditions.

Fermentation des jus obtenus par la macération des cossettes.

Digitized by Google

On les divise au *coupe-racines* (dont je ne crois pas nécessaire de donner une figure).

Il faut distinguer deux cas : celui d'une *exploitation agricole*, ne dépassant pas 35 à 40 000 kilogrammes en vingt-quatre heures, mais prenant au moins 15 000 kilogrammes; celui d'une exploitation spéciale, atteignant des quantités de 200 000 ou 300 000 kilogrammes et au delà. Dans le premier cas toute la betterave est soumise à la macération, dans le second il est préférable de faire la dépense des râpes et presses; on garde la pulpe et on met le jus en fermentation, ou bien on se contente d'une râpe, on met la betterave en pulpe et cette pulpe est soumise tout entière à la fermentation.

1197. Premier cas. — *Exploitation agricole.*

Les betteraves, lavées comme nous l'avons dit § 111, sont montées, par l'élévateur, à un coupe-racines disposé de manière à fournir des cossettes épaisses de 2 millimètres au plus. Ces cossettes doivent être distribuées immédiatement dans des macérateurs, et avec le soin de ne pas laisser former de pelotes, ou paquets, dont la compacité ne permet pas au liquide macérateur d'atteindre le sucre, et qui sont presque complétement perdues. D. Savalle a imaginé un distributeur mécanique tournant autour du coupe-racines, comme rayon, et versant les cossettes dans le macérateur désigné sur la circonférence. Les macérateurs sont des cuviers en bois où la cossette est contenue entre un faux fond et un diaphragme en tôle de fer perforée. Aussitôt la charge faite, on fait arriver de l'eau pure, ou des jus faibles (d'une opération précédente), un peu tièdes; on laisse la masse à elle-même, pendant deux ou trois heures, afin de micros-moser tout le sucre; alors on amène du jus faible à la partie supérieure, et on laisse sortir le jus fort par le bas du macérateur, d'où il coule aux cuves de fermentation. On continue cette alimentation, à 5 litres environ par minute, pendant quatre heures ou quatre heures et demie, pour 1000 kilogrammes de cossettes. Au bout de ce temps, ou un peu moins, suivant la richesse des betteraves, les cossettes sont complétement épuisées : le liquide n'accuse plus

Digitized by Google

qu'une fraction de degré au-dessus de zéro si la macération est faite à l'eau pure; au-dessus du degré du jus faible ou de la vinasse, si l'on emploie ces liquides. Chaque macérateur est muni d'une éprouvette où l'on transporte le densimètre. On met le bas du macérateur en liaison avec le tuyau de la pompe à *jus* qui élève le liquide dans un réservoir, d'où il est versé sur le macérateur qui le réclame : s'il est possible, on l'envoie directement sur cet autre macérateur. Le nombre de ces derniers doit être assez grand pour laisser les jus tout le temps nécessaire; il ne faut pas les envoyer aux cuves trop chauds et faibles, ou trop froids et riches. Aucun soin n'est perdu pour obtenir de bonnes fermentations.

Les jus doivent être envoyés, sans intermittences, aux cuves avec 20 degrés de chaleur environ (18° à 22°), on peut les acidifier de 1 millième d'acide sulfurique par degré densimétrique.

Après la fermentation, les *vins* sont envoyés à une colonne distillatoire, puis au rectificateur.

Tout l'ensemble est représenté dans les deux figures 235 et 236 :

A, générateur de vapeur pour le chauffage;
B, machine à vapeur (lavage et coupage);
C, laveur mécanique;
D, élévateur ou monte-betteraves;
E, coupe-racines;
F, distributeur tournant, comme rayon, autour de E;
G, petites cuves de macération;
H, grandes cuves de fermentation : le liquide sucré y est conduit par une pompe;
I, pompes à jus, non fermeté et fermenté. — Pompe à eau. — Pompe alimentaire pour le générateur. Ces pompes ont un moteur spécial dans le même atelier;
J, réservoir des vins ou jus fermentés;
K, colonne distillatoire rectangulaire;
L, réservoir des phlegmes;
M, réservoir d'eau froide;
N, rectificateur;

Digitized by Google

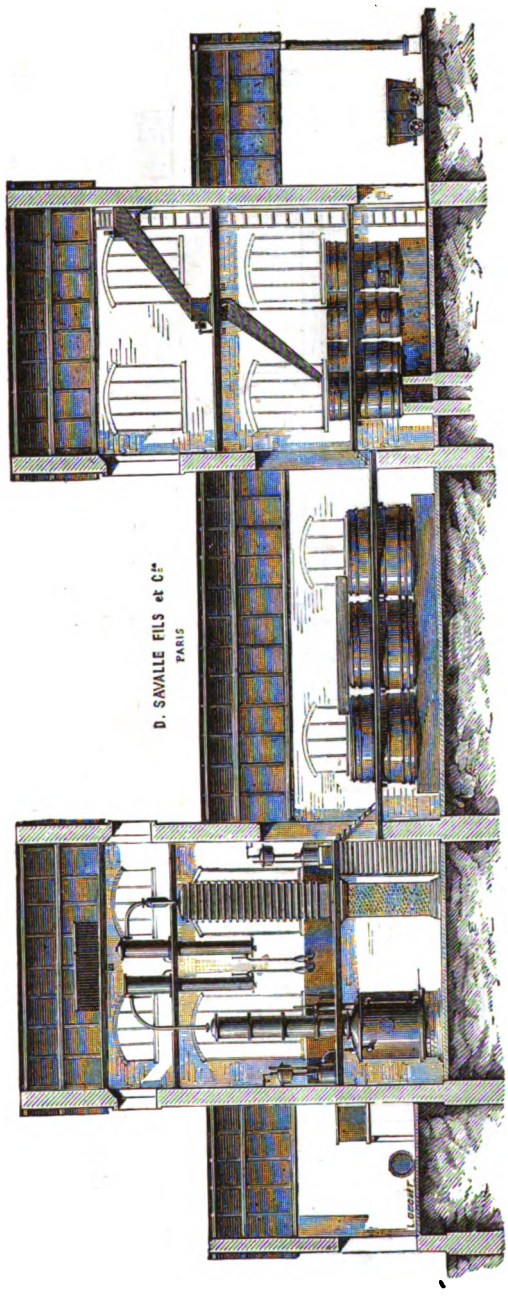


FIG. 235.

Digitized by Google

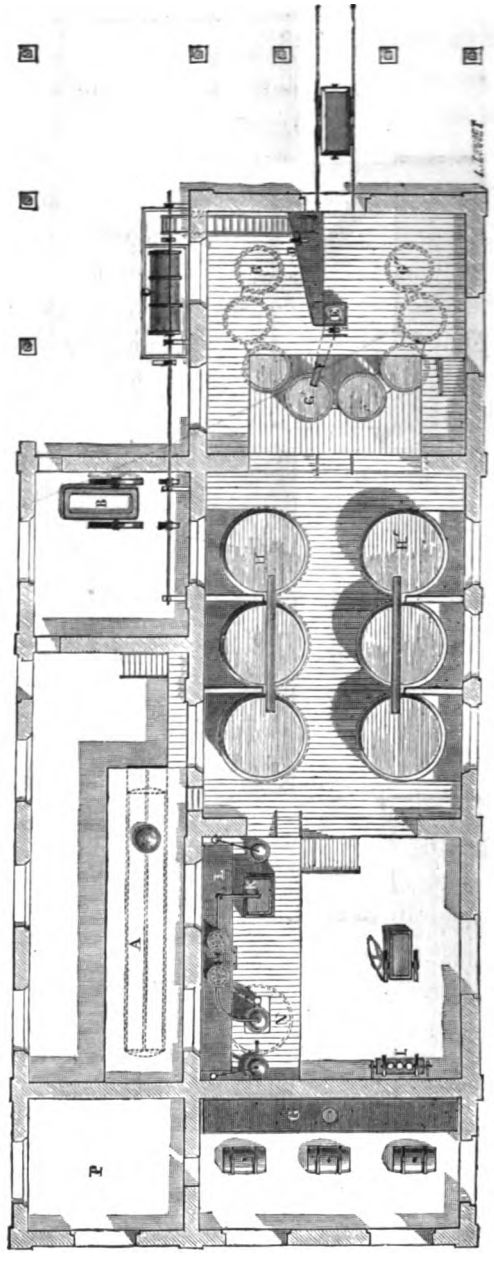


Fig. 236.

Digitized by Google

O, réservoir des alcools bon goût;
P, bureau.

1198. Deuxième cas. — *Exploitation industrielle.*

Distillation des jus obtenus par pression. — 1° *Jus de betterave.* — Les presses continues qui exigent peu de personnel sont nécessairement indiquées.

Toute l'installation, dans le cas de ces presses, est représentée par la figure 246, où :

A, représente la chambre des générateurs;
B, celui de la machine, des pompes à *vin* et à eau;
C, le lavoir des betteraves;
D, l'atelier des presses continues;
E, celui des cuves de fermentation;
F, celui des colonnes et du rectificateur;
G, celui des réservoirs pour les alcools fins à 95 c.

Ce système convient pour les grandes exploitations, celles qui dépassent 35 à 40 000 kilogrammes de betteraves en vingt-quatre heures. Les pulpes de macération, non soumises à la presse, conservent une énorme quantité d'eau : 1 kilogramme de pulpe sèche retient plus de 3 kilogrammes d'eau. Le transport de cette pulpe est donc presque aussi coûteux que celui de la betterave elle-même : il devient un empêchement lorsque la quantité de pulpe est de 20 à 25 000 kilogrammes; alors il convient de recourir à la râpe et aux presses.

Le travail est souvent fait en soumettant la pulpe des presses à la macération; les eaux de cette macération sont versées sur la râpe comme nous l'avons dit § 688; la pulpe macérée est passée dans les deux presses et se trouve réduite à un poids léger.

La pulpe est extraite des macérateurs au moyen d'une double fourchette, à quatre ou cinq dents; chacune des deux fourchettes est munie d'un manche en bois et est réunie avec l'autre par une goupille, comme les deux parties d'une tenaille. Avec cet outil, la

Digitized by Google

pulpe est enlevée rapidement, le vin presque complétement exprimé;

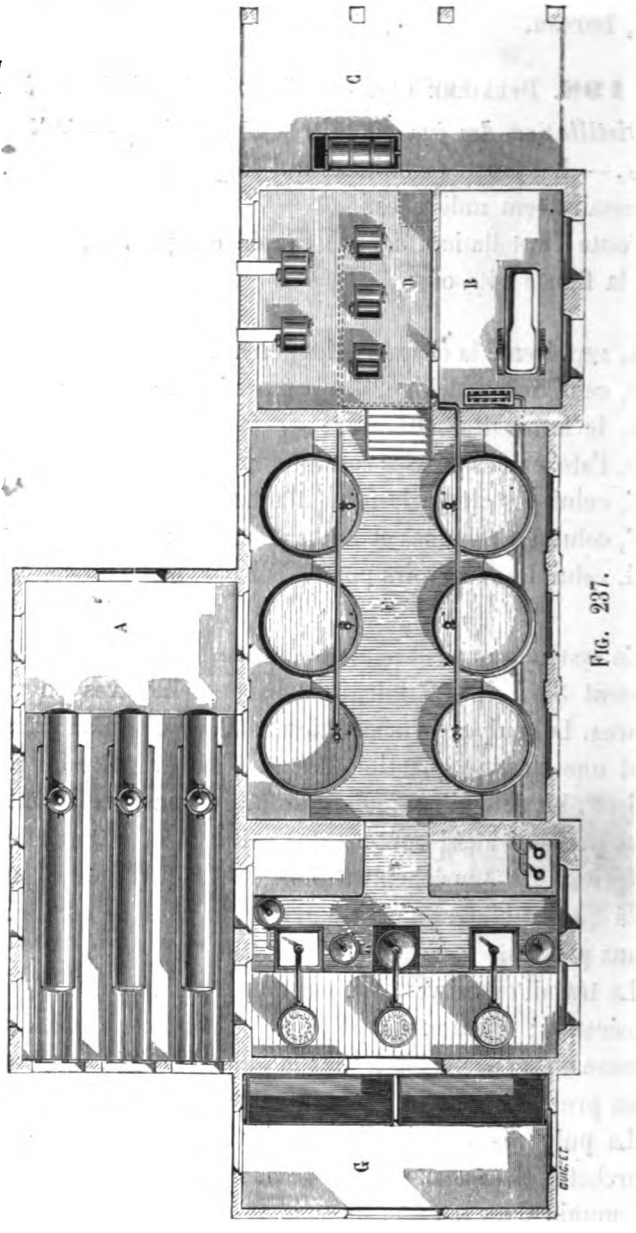


Fig. 237.

on jette cette pulpe sur un plan incliné d'où elle coule jusqu'au sol

Digitized by Google

dans un atelier voisin. Elle est immédiatement mêlée avec des ali-

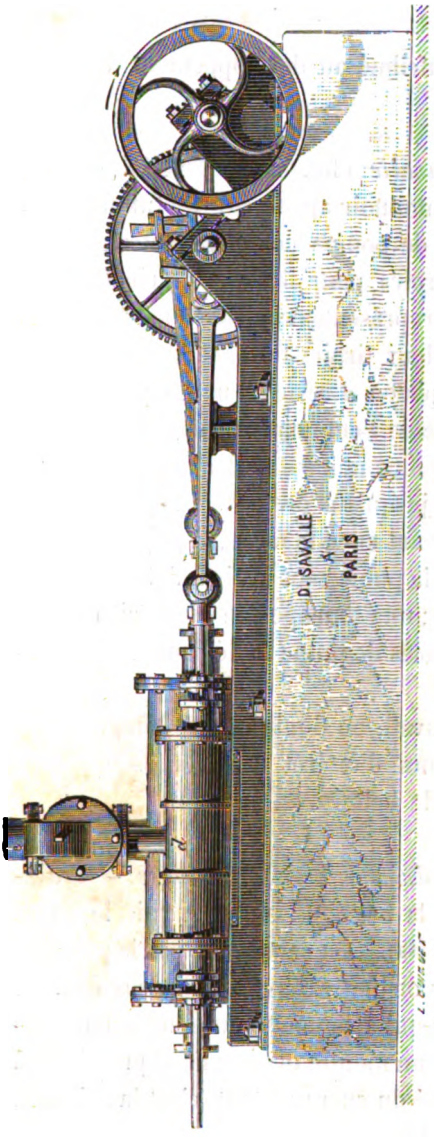


Fig. 238.

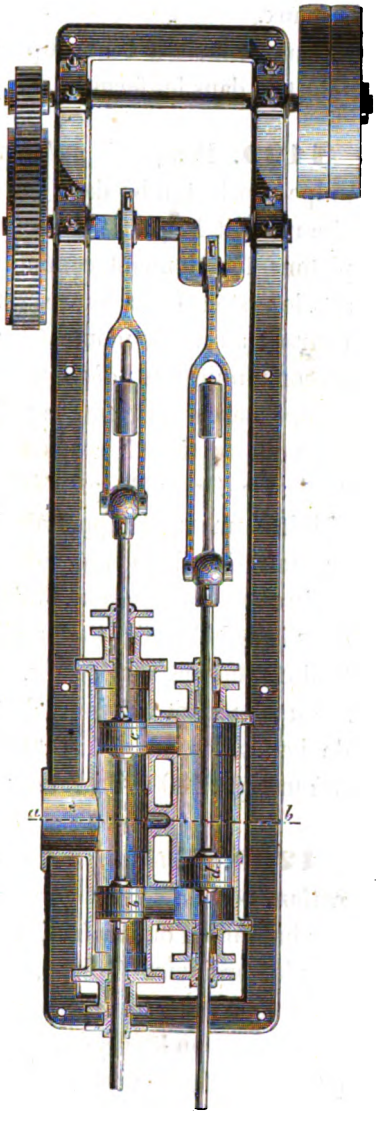


Fig. 239.

ments secs, de la paille ou autres fourrages passés au hachoir : le

Digitized by Google

mélange est logé dans des cuves en bois, des citernes en maçonnerie, pour subir une deuxième fermentation avant d'être livré aux bestiaux.

Champonnois a beaucoup contribué au développement de cette industrie dans les fermes.

1199. *Pompe à pulpe Savalle* (fig. 238 et 239). — La pulpe râpale tombe dans un entonnoir ajusté sur la tubulure *a*. elle remplit la partie du corps de pompe comprise entre *b* et *c*, pistons fonctionnant comme tiroirs pour le corps principal où agit le piston *d*. La figure 239 représente ce piston au bout de sa course : au même moment les deux tiroirs ferment les ouvertures de communication; dès que le piston *d* revient sur ses pas, l'autre pompe marche en avant; la pulpe de l'entonnoir pénètre derrière *d*, celle que contient le corps de pompe ne peut sortir que par le tube vertical *e* (fig. 238) qui l'élève jusqu'aux presses. L'aspiration est réduite à un simple appel n'exigeant aucune force; la pompe, placée en contre-bas de la râpe, admet la pulpe sans avoir à l'élever; toute sa force est conservée au foulage; une soupape de sûreté fait revenir dans le cylindre distributeur l'excès de pulpe foulé dans le tube vertical conduisant aux presses.

En admettant 150 jours de travail, ou 6 millions de kilogrammes de betteraves, c'est 12 000 francs d'intérêt et amortissement, ou 2 francs par 1000 kilogrammes de betteraves.

1200. *Distillation des produits de la canne à sucre. — Macération.* — Elle se pratique sur la bagasse : on en extrait le sucre par imbibition ou macération (§ 1004). On commence par la pression simple, ordinaire (§ 999), puis on fait passer les bagasses dans de l'eau tiède pour les imbiber, ce qui a lieu avec un gonflement considérable et on les reprend dans un moulin de deuxième pression où le jus entraîne la presque totalité du sucre restant (c'est la méthode Duchassaing à bien peu près) (§ 1004).

On peut combiner la fabrication du sucre avec celle de l'alcool : on emploie, pour le sucre, uniquement les jus de première pression

Digitized by Google

et on prépare ceux de deuxième pour les mêler avec les mélasses destinées à la fermentation, ce dont nous parlerons tout à l'heure.

Ce qu'il importe de faire observer, c'est que la qualité des cannes, ou même leur état de maturité, n'ont plus qu'une importance secondaire lorsqu'il s'agit de la distillation. Tout le sucre, fût-il inverti, du moins dans les conditions où il reste tout entier fermentescible (§ 217), ce sucre est bon, tout autant que le sucre de canne normal. La richesse du végétal n'est donc plus évaluée, du tout, au point de vue qui convient pour le sucre proprement dit; ce qui la rend précieuse, c'est l'abondance de son jus et la grande densité produite par son sucre normal ou inverti.

Les figures 240 et 241 représentent une installation très-convenable pour ce genre de travail. Les lettres sont les mêmes dans les deux figures; voici leur signification :

A, moulin à cannes (§ 1001);
B, machine de ce moulin;
C, cuves de fermentation;
D, pompe à vesou vineux et pompe à eau;
E, machine motrice de ces pompes;
F, réservoir de vesou vineux, alimentation de la colonne distillatoire;
G, colonne distillant au degré de *tafia ;*
H, réservoir de ce tafia;
I, rectificateur des tafias en alcool fin à 96 cent.;
J, réservoir et magasin de ces alcools;
K, générateur de vapeur;
L, monte-jus élevant le vesou en MM';
M M', cuves préparatoires.

Ces cuves, une fois en pleine fermentation, sont utilisées, l'une pour achever de fermenter, l'autre pour diviser son vesou en deux moitiés, auxquelles on ajoute du vesou naturel pris au moulin, pour former deux cuves nouvelles dont on fait le même usage.

L'établissement d'une distillerie pouvant travailler 40 000 kilo-

Digitized by Google

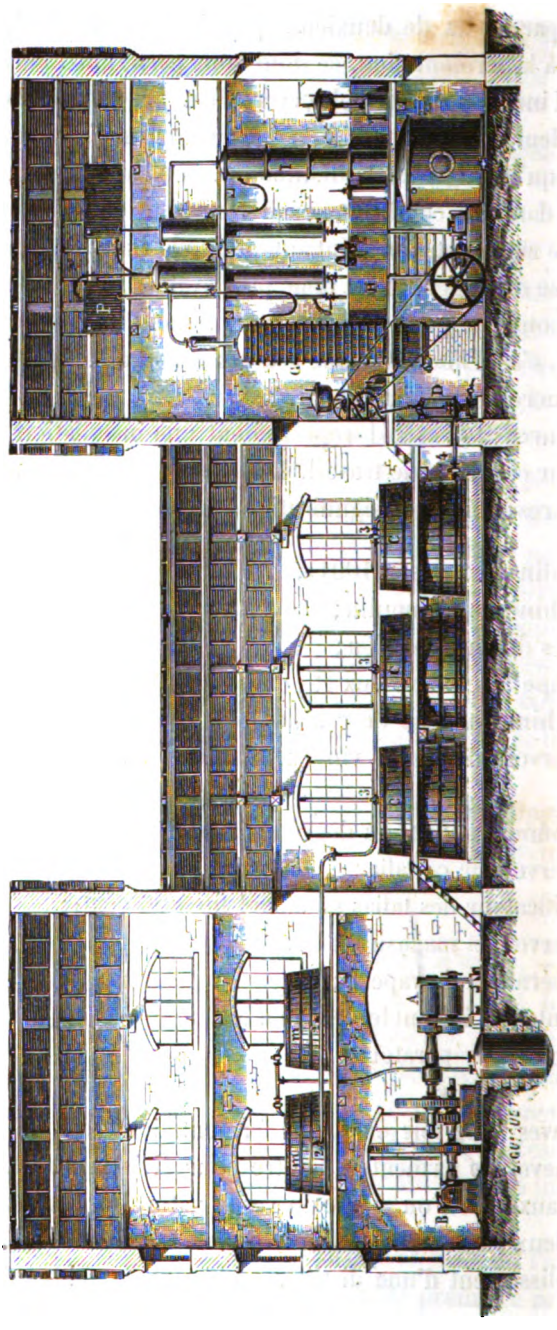


FIG. 240.

Digitized by Google

rammes de cannes par jour, entraîne la dépense suivante :

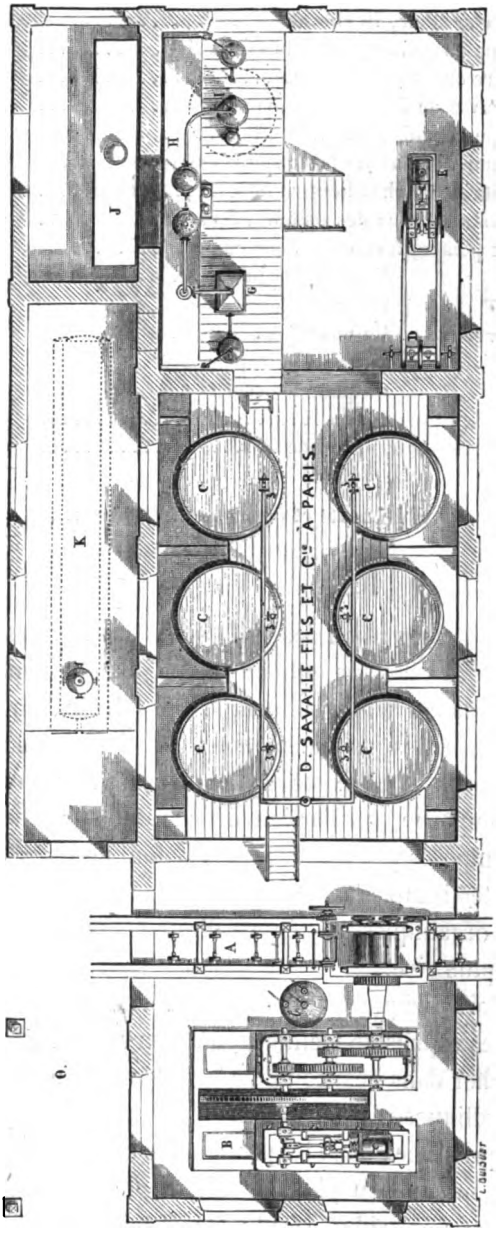


FIG. 241.

Digitized by Google

1° Un moulin à cannes (avec sa transmission).	9.000
2° La machine motrice, 10 chevaux.	5.000
3° Un générateur, 70 chevaux.....	12.000
4° Pompe ou monte-jus conduisant à MM'.....	1.000
5° Quatre cuves préparatoires.....	2.000
6° Six cuves de fermentation, ensemble...	4.000
7° Pompe conduisant le vin en P.....	1.000
8° Colonne distillatoire (avec son régulateur).....	14.000
9° Rectificateur (chaudière en tôle).....	10.000
10° Machine motrice des pompes, 3 chevaux.....	1.000
11° Deux pompes à eau (ou injecteur).....	2.000
12° Réservoirs.. Un pour les jus..... / Un pour l'eau froide..... / Un pour l'eau chaude..... / Un pour les esprits bruts..... / Un pour les esprits fins.....	3.000
13° Tuyaux, robinets, etc.....	6.000
14° Deuxième moulin à cannes.....	9.000
	70.800
Non compris les bâtiments et dépendances, environ...	49.200
	120.000

1201. La fermentation des mélasses ne diffère pas essentiellement de celle des végétaux entiers ou des jus, elle demande seulement une addition d'acide, sulfurique ou chlorhydrique, dont on peut se passer avec les jus eux-mêmes; cela tient à l'alcalinité ordinaire de ces corps et à l'existence de quelques sels, dont la neutralité même n'empêche pas l'action défavorable sur la fermentation. Ces sels, décomposés par l'acide puissant dont nous parlons, deviennent des sulfates incapables de nuire, avec mise en liberté d'acides, presque tous organiques, et dénués d'une action contraire à la fermentation la plus vive.

L'acide chlorhydrique est préférable à l'acide sulfurique, parce qu'il donne des esprits de meilleur goût; en second lieu parce qu'il coûte moins cher dans beaucoup de localités : d'un autre côté, les appareils métalliques résistent moins à son action, ou plutôt à celle de l'air en sa présence; dans les produits de calcination des vinasses les chlorures ont un peu plus de valeur que les sulfates. — On a essayé plusieurs sels acides, résidus de certaines opérations indus-

Digitized by Google

trielles qui les donnent à bas prix : toute considération doit céder à celle du danger, pour les bestiaux, des pulpes imprégnées de ces corps. Le chlorure de fer est très-certainement le meilleur, pour les motifs indiqués § 1175.

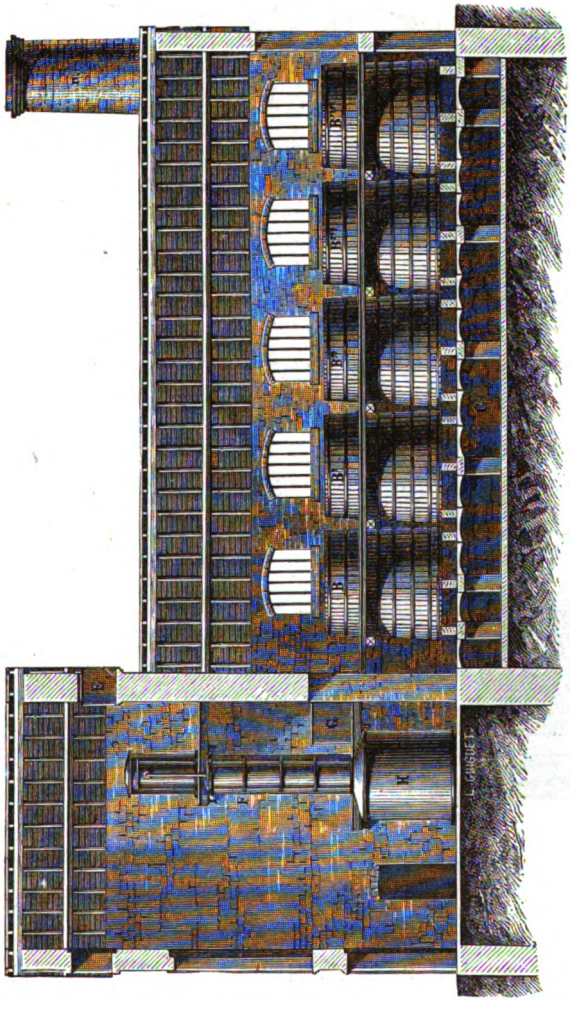


Fig. 242.

Les figures 241 et 242 représentent un ensemble recommandé par l'expérience. A, cuve à mélange, on y ajoute l'acide sulfurique ; B, B′, B″... cuves de fermentation de 180 hectolitres chacune ; C, ci-

Digitized by Google

terne où les vins sont déversés après fermentation; D réservoir à vins pour alimenter la colonne distillatoire; E réservoir d'eau froide; F appareil distillatoire avec régulateur de vapeur; G, G' réservoir à

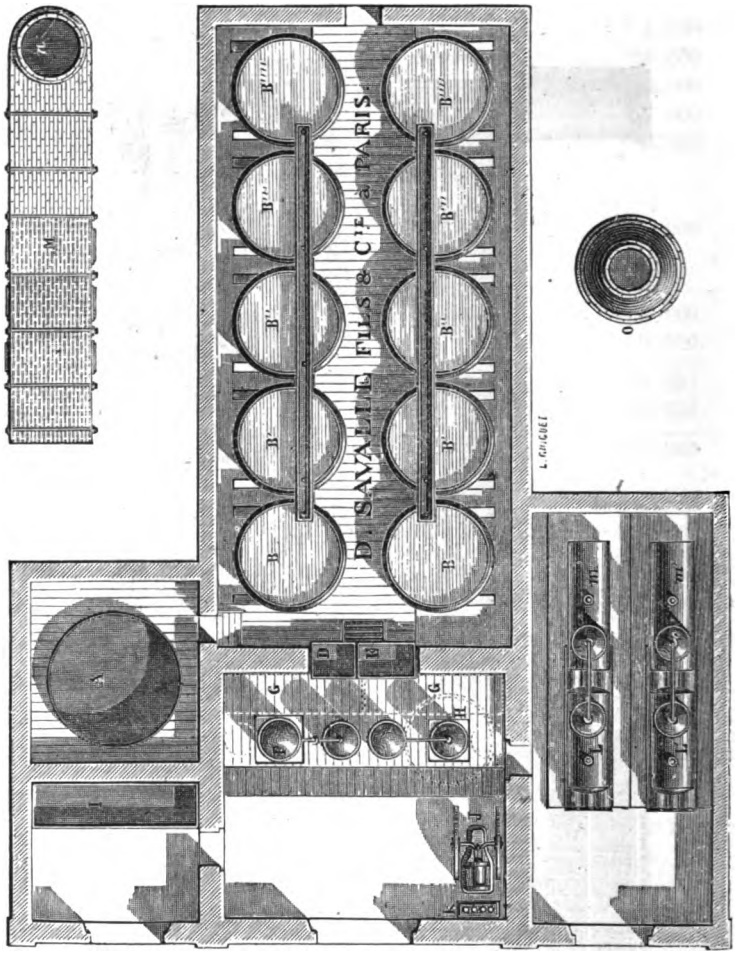


FIG. 213.

flegmes; H rectificateur; I réservoir d'alcool bon goût; J machine à vapeur; K pompes; L L' générateurs (système E. Victoor Fourcy et Cie).

1202. La distillation des mélasses de canne est, en général,

Digitized by Google

très-négligée. Certains planteurs jettent leurs mélasses sans en tirer aucun parti ; la fermentation n'est pourtant pas difficile ni coûteuse, même avec les appareils de distillation et rectification. 100 kilogrammes de mélasse, à 38° (densimétriques), donnent au moins.

36 litres d'alcool à 100 degrés,
ou 37.9 d'alcool à 95 degrés,
ou 60 de tafia à 60 degrés.

Ces proportions suffisent pour indemniser des dépenses et donner un bénéfice rémunérateur. Les figures 253 et 254 représentent les dispositions à prendre.

Les cuves sont derrière le mur du fond dans une cuverie dont on aperçoit deux toits (sur trois) fig. 244 et dont la coupe est fig. 245.

La colonne doit être rectangulaire. Si l'on ne peut mélanger les mélasses avec du jus de deuxième pression et macération, il convient d'ajouter du sucre inverti provenant des grains traités par l'acide (1). Voici la légende des deux figures :

A, générateur Victoor Fourcy ;

B, machine motrice des pompes, sa vapeur de sortie chauffe la colonne distillatoire ;

C, pompes à *vin*, à eau, et pour les générateurs ;

D, chaîne pour élever les mélasses ;

E, cuve de composition ;

F, cuves de fermentation ;

G, colonne rectangulaire (jusqu'à 75 000 kilogrammes de mélasse en dix heures) ;

H, réservoir des tafias ;

I, réservoir des vins et de l'eau ;

J, rectificateur donnant l'alcool fin à 96° ;

K, réservoir de cet alcool.

(1) Ce sucre inverti est obtenu à très-peu près comme je l'ai indiqué § 1078. On opère en vase clos avec économie : la pression de 3 atmosphères est suffisante. En soixante-cinq ou soixante-dix minutes, 300 kilogrammes de grains peuvent être transformés en sucre inverti par 16 kilogrammes d'acide chlorhydrique dans 600 litres d'eau. On commence par chasser l'air au moyen de la vapeur, on ferme et on chauffe.

Digitized by Google

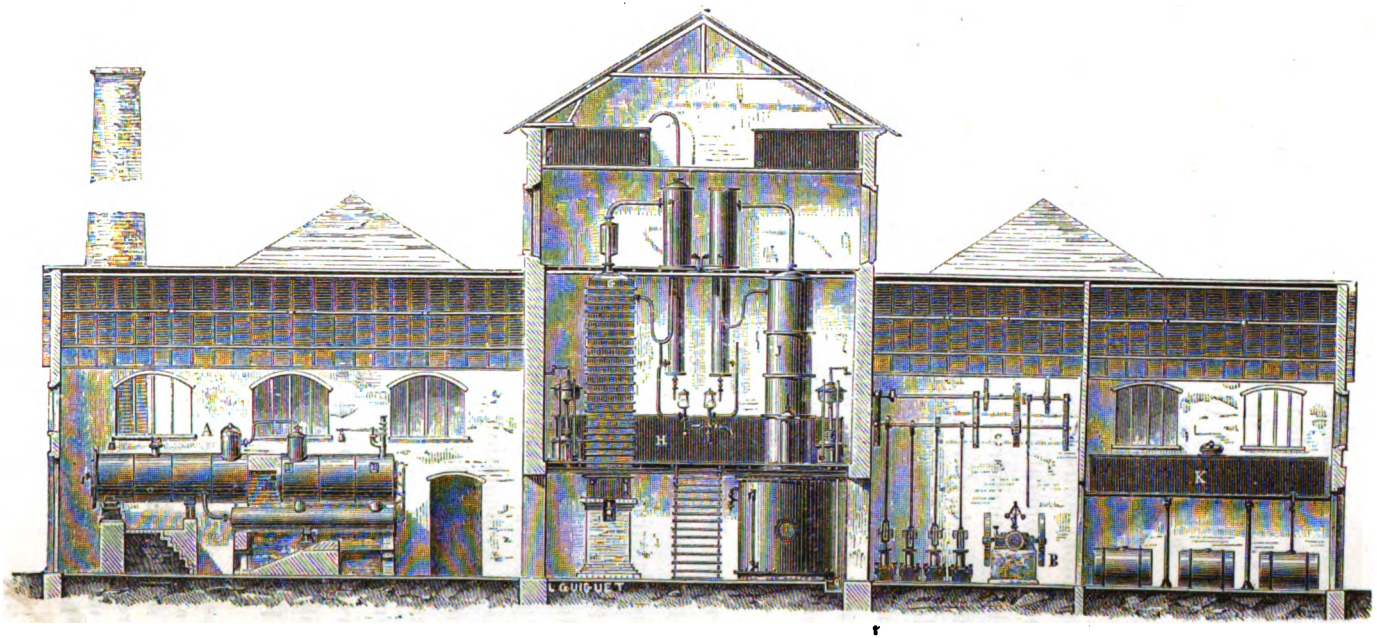


FIG. 244.

Digitized by Google

Le fermentation terminée, on fait jouer la pompe D pour vider les cuves et monter le *vin* dans le réservoir P, d'où il passe à la co-

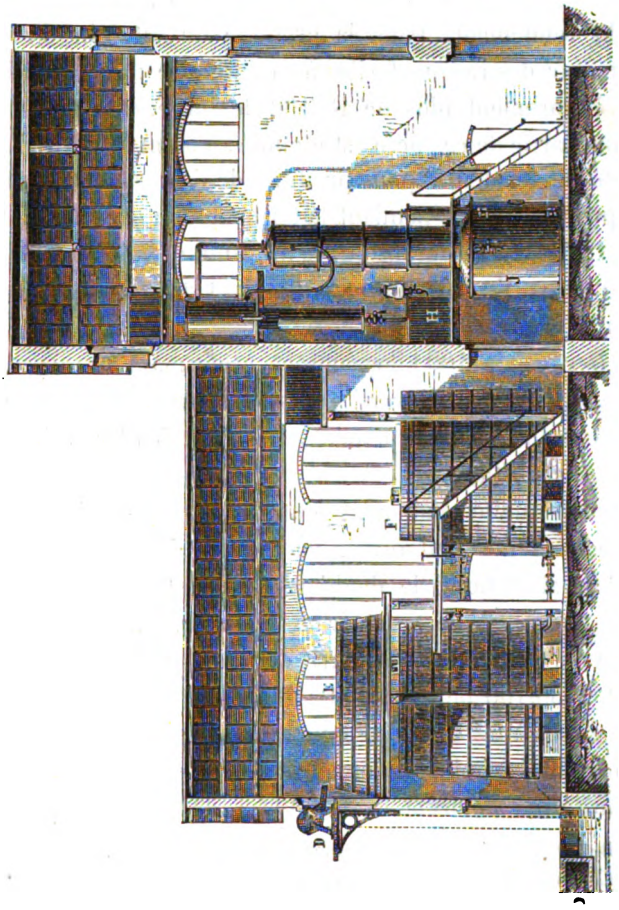


Fig. 245.

lonne G. Le tafia, provenant de cet appareil, est envoyé dans le réservoir couvert H qui alimente le rectificateur I. L'alcool fin est conduit au magasin, dans le réservoir J.

1203. *Rendement des diverses matières sucrées.* — *Cannes macérées à épuisement.* — 100 kilogrammes de cannes de la meilleure espèce et au degré de maturité parfaite peuvent offrir 20 kilogrammes de sucre normal (§ 622). D'après le tableau de la page 619,

Digitized by Google

t. Ier, ces 20 kilogrammes qui deviennent 21 kilogrammes d'inverti, ou *glucoses* fermentescibles, donnent 10kil,19616, ou 12lit,831 d'alcool absolu, à + 15°, ou encore 25lit,662 tafia à 50°; elle est la base théorique du rendement. Dans la pratique on est loin d'obtenir ce résultat, par des raisons faciles à comprendre : les cannes renferment très-rarement plus de 18/100 de sucre, et non 20/100. En outre une partie de ce sucre est modifié au point de perdre en partie la faculté de fermenter pour produire de l'alcool; enfin on ne peut éviter quelques pertes pendant la fermentation et la distillation. Au lieu de 12lit,831 d'alcool absolu, le maximum pratique dépasse rarement 10 litres. En moyenne on en obtient 8, soit 16 litres de tafia à 50° ou 8lit,42 d'esprit à 95°.

2° *Betteraves.* — 100 kilogrammes, renfermant en moyenne 10 de sucre normal (10,5 d'inverti), peuvent donner 5kil 988 ou 6lit,415 d'alcool absolu. — Pratiquement on obtient 5 litres à 5,5 dans les meilleures conditions.

Il est clair que le rendement peut différer non-seulement à cause de la richesse des betteraves, mais aussi des précautions prises contre leur altération; le distillateur ne doit pas négliger ces précautions, pas plus que le fabricant de sucre. On admet en général, au point de vue de la nourriture des bestiaux, que les betteraves rendent : 30/100 de pulpes dans le travail par les presses, 50 à 65/100 de cossettes humides dans le travail par macération. Le prix de revient de l'alcool peut donc être calculé de la manière suivante :

Exploitation agricole. — 25 000 kil. de betteraves par jour.

Betteraves, 25000 kilogrammes à 18 francs		450 00
Charbon, 1600 kilogrammes à 30 francs		48.00
Acide sulfurique, 75 kilogrammes à 15 francs.	11.25.	11.25
ou chlorhydrique, 160 kilogrammes à 7 fr.	11.20.	
Main-d'œuvre, 3 hommes		12.00
Frais généraux, imprévu, etc.		63.75
2 pipes de 6 hectolitres		50.00
		635.00
à déduire :		
6000 kilogrammes de pulpe à 10 fr. les 1000.	60.00.	60.00
ou 12000 kil. de cossettes à 5 fr. les 1000.	60.00.	
		575.00

Digitized by Google

Le produit étant supposé de 12 hectolitres, alcool rectifié à 90°, chaque hectolitre revient au prix de 47 fr. 92.

Ce prix dépend de la richesse des betteraves et surtout du nombre de jours de travail admis, de 100 dans le calcul précédent.

3° Les mélasses donnent des résultats plus variables. La raison (beaucoup de personnes l'ignorent) est la mobilité du sucre inverti et la production de la variété non fermentescible (§ 217 et 277). Auteurs et praticiens sont unanimes à cet égard, sans l'avoir compris jusqu'à présent; le rendement peut varier de 1 à 2, comme nous l'avons déjà dit (§ 1002).

100 kilogrammes de mélasse renferment théoriquement :

Sucre normal.....	45
Inverti.....	16
ou environ.....	60 fermentescibles,

Ces 60 donneraient 29ᵏ,1336, ou 36ˡⁱᵗ,66 d'alcool absolu, ou 40ˡⁱᵗ,74 d'esprit à 90°.

Il n'y a pas d'exemple d'un rendement aussi grand.

En général 100 kilogrammes de mélasse donnent de 15 à 25 litres d'esprit à 95°.

La dépense de production peut être évaluée comme il suit, pour 1000 kilogrammes de mélasse, à 42° densimétriques :

1000 kilogr. mélasse à 10 fr. les 100 kilogr.....	100 »
500 kilogr. charbon à 30 fr.....	15 »
10 kilogr. levûre à 50 fr.....	5 »
30 kilogr. acide à 16 fr.....	4 80
Logement de 250 litres d'alcool à 95°..... ...	8 50
Frais généraux, etc.....	» 70
Main-d'œuvre.....	6 »
	140 »

Ces frais peuvent ne pas être dépassés, même en ne travaillant pas plus de 10 000 kilogrammes par jour.

Les mélasses de cannes donnent à peu près les mêmes résultats, leur prix est très-peu élevé, la dépense d'extraction de l'alcool peut être calculée d'après les indications qu'on vient de lire pour le travail des mélasses de betterave.

Digitized by Google

1204. Le fonctionnement du rectificateur peut être compris dans tous ses détails par l'étude du tableau suivant, relatif à l'alcool de mélasse :

	ALCOOL TROIS-SIX.						
Jour du mois.	Chargement alcool à 100 cent.	Mauvais à repasser (éthers).	Moyen.	Extra-fin.	Mauvais à repasser (huiles).	Perte.	Durée de l'opération.
	h.	h.	h.	h.	h.	h.	h. m.
1	129.84	4.07	29.64	89.07	2.21	4.85	31.15
3	106.18	2.01	24.61	74.98	2.72	1.86	25.20
5	136.51	3.61	29.61	96.71	3.53	3.02	30.40
7	113.54	3.85	24.21	79.56	2.92	2.80	26.30
9	125.02	4.33	29.05	87.85	2.05	1.74	28.35
11	123.81	4.78	25.69	88.04	3.34	1.96	28.20
13	152.21	4.42	30.04	109.95	5.93	1.87	33.40
15	150.91	4.73	31.62	108.61	2.93	2.02	33.15
17	112.67	3.16	26.58	78.52	2.06	2.35	25.50
19	99.63	3.75	26.68	65.28	1.66	2.26	23.45
21	134.62	4.06	26.92	96.46	3.60	3.58	30.25
23	143.88	4.07	27.32	106.77	4.51	1.22	32.40
25	141.99	3.61	25.39	107.58	4.35	1.06	32.05
27	151.15	4.28	30.63	112.52	2.53	1.18	33.55
29	159.25	4.96	29.39	119.69	2.40	2.71	34.35
31	110.38	3.16	27.81	75.11	2.57	1.73	25.35
	2091.58	62.85	445.22	1496.70	49.31	37.21	476.25

Résumé. — La masse de vin contenant 2091 hectolitres 58 d'alcool à 100° donne :

Hectolitres.		Pour 100.
62.84	trois-six, mauvais goût (éthers), ou.....	3.00
445.82	— moyen.....	21.28
1496.70	— extra-fin.....	71.58
49.31	— mauvais goût (huiles).....	2.36
37.21	perdus.....	1.70
2091.28		100.00

Les pertes ont été comptées sans réduction de volume des flegmes qui sont à 25 degrés environ; elles seraient un peu moindre en faisant cette réduction.

1205. Voici des renseignements nécessaires pour l'installation des appareils distillatoires :

Digitized by Google

Puissance de chauffage et de refroidissage nécessaire aux colonnes distillatoires suivant leur grandeur.

Numéros de dimensions des colonnes.	Chevaux-vapeur. 1m,45 de chauffe par cheval (1).	Hectolitres d'eau à + 12° par heure pour refroidir les vapeurs des vins à 4° d'alcool.
1	12	9
2	15	12
3	19	15
4	23	18
5	27	21
6	30	24
7	35	27
8	40	30
9	42	33
10	45	36
11	60	48
12	75	60
13	95	75
14	135	108
15	175 (2)	135

1206. Il est bon de connaître le prix moyen de l'hectolitre d'alcool bon goût, ou de première qualité, à 90°, depuis un nombre d'années. Voici le tableau de ce prix moyen, à la Bourse de Paris, depuis 1852 jusqu'à 1876 inclusivement :

Je dois ces renseignements à l'obligeance de Renard, secrétaire du Syndicat des courtiers, et je suis heureux de l'en remercier publiquement.

(1) Les générateurs sont ordinairement timbrés à 5 atmosphères. Lorsque la pression est différente, il faut ne pas oublier de proportionner la soupape du régulateur de vapeur.

(2) Ces nombres sont des maxima pour obtenir la meilleure utilisation du combustible.

TABLEAU.

Digitized by Google

TABLEAU DU PRIX D'UN HECTOLITRE D'ALCOOL, A 90°, SUR LA PLACE DE PARIS (COTE DE LA BOURSE)

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Moyenne.
1852. ...	61.75	73.20	71.50	71.55	78.85	76.30	91.70	96.35	91.65	108.55	123.55	122.40	88.95
1853.....	119.05	116.30	107.70	108.15	99.50	97.25	119.90	128.70	171.35	162.50	171.20	186.80	132.36
1854.....	180.20	159.60	124.45	134.75	135.06	167.84	178.67	186.16	175.42	171.30	167.88	158.84	163.18
1855.....	132.21	129.33	131·66	129.54	128.88	127.11	124.37	127.84	121.30	113.85	109.64	111.90	123.88
1856.....	107.65	101.84	97.45	108.00	108.65	119.75	143.90	148.65	129.60	135.70	139.75	136.85	123.15
1857.....	126.70	121.70	122.70	123.25	119.50	111.75	114.85	108.45	105.84	107.95	78.18	73.07	109.49
1858.....	63.86	60.25	58.76	53.42	50.48	55.07	53.70	54.59	51.60	49.78	59.68	65.54	56.40
1859.....	67.90	69.13	67.90	67.60	83.67	93.68	86.04	85.56	94.81	105.84	103.36	92.87	84.86
1860.....	88.10	92.80	111.11	105.72	107.12	105.08	96.42	99.11	104.18	100.40	98.34	96.78	100.68
1861.....	103.57	101.47	101.55	104.67	101.79	93.66	88.85	87.27	89.70	87.16	78.80	71.16	92.47
1862.....	75.19	75.60	74.31	75.63	66.63	68.52	73.50	79.22	82.21	74.83	67.57	62.73	72.99
1863.....	66.55	63.83	63.71	63.30	64.78	64.48	66.51	80.44	73.09	70.12	73.50	80.07	69.20
1864.....	81.54	74.96	73.82	73.38	75.12	69.01	62.95	68.85	76.95	70.68	61.17	62.55	70.91
1865.....	60.74	52.84	52.61	52.58	53.41	55.82	56.59	51.12	68.67	49.37	44.81	43.40	51.85
1866.....	43.16	44.71	47.90	51.38	53.48	53.71	56.01	47.95	60.63	60.03	60.37	60.34	53.30
1867.....	62.87	60.56	59.63	63.55	59.65	59.19	64.67	65.42	67.19	67.31	61.40	63.97	62.95
1868.....	64.54	70.04	79.46	85.14	86.17	82.90	72.05	72.32	74.09	72.06	74.06	73.85	75.55
1869.....	71.10	60.07	68.26	68.20	67.30	62.08	62.97	63.94	64.52	64.80	54.91	55.06	64.77
1870.....	54.73	57.74	61.88	61.95	65.06	70.30	64.90	60.40	50.97	60.36	66.02	76.85	62.67
1871.....	109.50	109.90	80.70	83.50	81.82	80.47	67.13	56.25	58.53	54.53	56.84	»	77.05
1872.....	55.67	55.17	52.05	53.92	53.06	51.18	50.67	49.31	53.52	58.11	59.02	57.69	54.11
1873.....	56.12	53.22	53.24	52.99	53.83	56.86	64.01	64.23	68.61	73.52	73.89	,73.15	62.06
1874.....	67.29	64.82	64.65	63.83	61.27	63.64	68.21	69.21	70.98	70.39	53.23	53.59	64.26
1875.....	52.70	53.44	53.35	53.42	52.67	50.66	50.99	48.80	47.16	44.76	44.12	43.46	49.63
1876.....	43.92	46.01	46.12	46.50	47.98	45.74	44.11	45.40	51.25	56.78	66.32	69.18	50.78

Digitized by Google

La moyenne de ces vingt-cinq années est donc 80.70. Il n'est pas sans intérêt de donner celle des vingt premières années, 1852 à 1871 inclusivement ; la voici par mois :

Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
87.04	85.21	84.20	84.26	83.40	85.70

Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
87.28	88.43	89.63	89.50	87.84	89.15

Moyenne annuelle 86 fr. 53 cent.

La moyenne des cinq années 1850-1857 a été 131 fr. 41 cent.

La moyenne des cinq années 1872-1876 n'est que de 56 fr. 17 c. Par mois, on trouve :

Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
55.14	54.53	53.88	54.33	53.76	53.62

Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
55.59	55.39	58.30	60.71	59.32	59.41

La différence avec les cinq premières années est grande.

A cette époque, déjà lointaine, on a vu naître de grandes fortunes : mais en dehors de ces temps exceptionnels, l'industrie de l'alcool de betteraves est une des plus puissantes ; elle fournit un produit toujours avidement recherché, même pour ses usages nécessaires et contenus : elle donne ce produit en bonnes conditions économiques. Outre la valeur de l'alcool pour l'espèce humaine, elle fournit la pulpe, l'aliment des bestiaux, aussi valable que dans le cas de l'extraction du sucre. La distillation des vinasses vient de devenir la source de matières utiles et si les salins ne retournent pas au sol, on peut les remplacer, comme on le fait depuis des siècles, par des engrais moins chers et et certainement plus efficaces.

Digitized by Google

CHAPITRE XVIII

LÉGISLATION

1207. Il est utile de connaître la législation relative aux sucres. Même au seul point de vue historique, on trouve, dans son étude, une sorte de tableau des progrès de l'industrie très-digne de méditation.

Les premiers décrets relatifs au sucre de betterave sont dus à Napoléon Ier, comme nous l'avons dit (§ 7). Une des gloires les plus brillantes de ce grand souverain est l'ardeur passionnée de la protection dont il couvrit cette industrie naissante. Après une visite à la fabrique de Passy, où Benjamin Delessert venait de produire du sucre très-blanc avec de la betterave, et après lui avoir donné la croix d'honneur (celle même dont sa poitrine était ornée) en récompense de cette belle initiative, l'Empereur fit insérer au *Moniteur*, dès le lendemain, la grande évolution consommée dans le commerce français. En même temps (15 janvier 1812), il fit promulguer le décret suivant :

TITRE PREMIER. — *École de fabrication pour le sucre de betterave.*

I. La fabrique des sieurs Barruel et Chappelet, plaine des Vertus, et celles établies à Wachenheim, département du Mont-Tonnerre, à Douai, à Strasbourg et à Castelnaudary, sont établies comme écoles spéciales de chimie pour la fabrication du sucre de betterave.

II. Cent élèves seront attachés à ces écoles, savoir : quarante à celle des sieurs Barruel et Chappelet, et quinze à chacune de celles de Wachenheim, Douai, Strasbourg et Castelnaudary. Total : cent.

III. Ces élèves seront pris parmi les étudiants en médecine, pharmacie et chimie.

Digitized by Google

TITRE II. — *Culture des betteraves.*

IV. Notre ministre de l'intérieur prendra des mesures pour faire semer, dans l'étendue de l'Empire, cent mille arpents métriques de betteraves. L'état de répartition sera imprimé et envoyé aux préfets avant le 15 février.

TITRE III. — *Fabrication.*

V. Il sera accordé dans tout l'Empire cinq cents licences pour la fabrication du sucre de betterave.

VI. Ces licences seront accordées de préférence :

A tous propriétaires de fabriques ou de raffineries;

A tous ceux qui ont fabriqué du sucre en 1811;

A tous ceux qui auraient pris des dispositions et fait des dépenses pour établir des ateliers de fabrication pour 1812.

VII. Sur ces cinq cents licences, il en est accordé, de droit, au moins une à chaque département.

VIII. Les préfets écriront à tous les propriétaires de raffinerie pour qu'ils aient à faire leur soumission pour l'établissement desdites fabriques en fin de 1812. A défaut, par les propriétaires de raffinerie, d'avoir fait leur soumission au 15 mars ou, au plus tard, au 15 avril, ils seront considérés comme ayant renoncé à la préférence qui leur était accordée.

IX. Les licences porteront obligation, pour celui qui les obtiendra, d'établir une fabrique capable de produire au moins dix mille kilogrammes de sucre brut de 1812 à 1813.

X. Tout individu qui, ayant reçu une licence, aura effectivement fabriqué environ dix mille kilogrammes de sucre brut, provenant de la récolte de 1812 à 1813, aura le privilége et l'assurance, par forme d'encouragement, qu'il ne sera mis aucun impôt, ni octroi, sur le produit de sa fabrication pendant l'espace de quatre années.

XI. Tout individu qui perfectionnera la fabrication du sucre de manière à en obtenir une plus grande quantité de la betterave, ou qui inventera un mode de fabrication plus simple et plus écono-

Digitized by Google

mique, obtiendra une licence pour un plus long terme, avec l'assurance qu'il ne sera mis aucun impôt ni octroi, pendant la durée de sa licence, sur les produits de sa fabrication.

TITRE IV. — *Création de quatre fabriques impériales.*

XII. Quatre fabriques impériales de sucre de betterave seront établies, en 1812, par les soins de notre ministre de l'intérieur.

XIII. Ces fabriques seront disposées de manière à produire, avec la récolte de 1812 à 1813, deux millions de kilogrammes de sucre brut.

TITRE V. — *Création d'une fabrique dans le domaine de Rambouillet.*

XIV. L'intendant général de notre couronne fera établir dans notre domaine de Rambouillet, aux frais et profits de la couronne, une fabrique de sucre de betterave pouvant fabriquer vingt mille kilogrammes de sucre brut avec le produit de la récolte de 1812 à 1813.

Il suffit de lire ce décret pour comprendre l'impulsion qu'il put donner à la fabrication du sucre de betterave. C'est de lui que date le développement gigantesque de cette industrie en France et en Europe. On n'a pas flatté l'Empereur en lui donnant le nom de second père de l'industrie du sucre; il avait mérité ce titre par la création d'une des sources principales de la richesse publique en ce pays.

1208. Deux ans plus tard, l'invasion étrangère ayant rendu la France aux Bourbons, une phase d'indifférence, causée par les réactions passionnées dont nous donnons trop souvent le triste exemple, commence pour l'industrie du sucre. Le nouveau gouvernement remercie les étrangers de leur appui par une Ordonnance (avril 1814) assimilant le sucre étranger au sucre français pour les droits et conditions d'importation. Ces droits sont de 40 francs sur 100 kilogrammes. Aussitôt la revanche du blocus continental est entreprise

Digitized by Google

avec ardeur. Les sucres anglais inondent le marché de France, et la fabrication française est menacée d'une ruine complète, non-seulement dans la mère-patrie, mais dans les possessions coloniales. Il fallut, à quelques mois de distance (décembre 1814) imposer une surtaxe de 20 francs sur le sucre étranger pour réparer la faute commise. Elle était si nécessaire qu'on dut la maintenir pendant neuf ans, jusqu'en 1823, où elle put être réduite de moitié.

En même temps les impôts sur le sucre colonial étaient fixés de la manière suivante :

Sucres étrangers bruts autres que blancs.

			Sur 100 kilogrammes.
Par navires français.	de l'Inde.	des établissements français.	85 fr.
		des comptoirs étrangers.	90
	d'ailleurs (hors d'Europe).		95
	des entrepôts.		105
Par navires étrangers.			110

Sucres étrangers blancs ou terrés (sans distinction de nuances).

			Sur 100 kilogrammes.
Par navires français.	de l'Inde.	des établissements français.	100 fr.
		des comptoirs étrangers.	105
	d'ailleurs (hors d'Europe).		115
	des entrepôts.		125
Par navires étrangers.			130

Puis une loi d'avril 1816 éleva les droits sur le sucre colonial de 40 à 45 francs.

		Sur 100 kilogrammes.
Par navires français.	de l'Inde.	60 fr.
	d'ailleurs (hors d'Europe).	70
	des entrepôts.	75
Par navires étrangers.		80

La production coloniale, qui était de 17,4 millions en 1816, s'éleva à 31 millions en 1818, avec une exportation insignifiante. L'importation étrangère tomba en même temps de 7 à 5 millions.

Une nouvelle loi, en avril 1818, réduisit les droits sur les sucres de la Réunion de 45 francs à 40, et sur ceux des autres colonies suivant la distance.

Digitized by Google

Une autre loi de juin 1820 les réduisit encore de 40 à 37f.50, en même temps qu'elle augmentait ceux sur les sucres étrangers, de provenance américaine, de 70 à 75 francs. La différence amenée ainsi

A 30 francs pour les sucres français d'Amérique,
A 37 fr. 50 pour les sucres français de l'Inde,

élève leur importation avec rapidité.

	Tonnes.
1818.....	29.800
1819.....	34.300
1820.....	40.700
1821.....	45.000
1822.....	52.000

A la vérité, les prix diminuaient de 186 à 167 francs les 100 kilogrammes. En outre, l'exportation s'élevait de 500 tonnes à 4000, encouragée par une prime plus élevée de 10 francs.

En juillet 1822, loi nouvelle; les droits sur les sucres étrangers d'Amérique sont élevés à 95 francs; différence en faveur des sucres français, 50 francs! Les prix se relèvent à 212 francs; mais la consommation diminue et ne demande, en 1823, que 38 500 tonnes. 3000 de sucre étranger furent réexportées. La même loi établit le drawback en remplacement des primes. Les raffinés exportés recevaient les droits d'entrée payés sur les sucres importés par navires français et d'après la base du rendement en raffinerie. On n'avait pas prévu l'abus de l'agiotage sur les quittances de douane, et bientôt il fallut revenir aux primes si vivement attaquées, 100 francs sur 100 kilogrammes de raffiné en pains de 7 kilogrammes. C'était retomber de Charybde en Scylla : on abuse des primes comme du drawback. Au lieu de 4,6 millions, le Trésor en paya 19, encourageant ainsi, non pas la marine qu'on avait voulu favoriser, mais d'autres intérêts fort ingénieusement mis à sa place et ne lui laissant rien. Le drawback ne fut pourtant pas rétabli avant 1833, où la loi d'avril abaissa la surtaxe des sucres étrangers de 5 francs pour ceux de l'Inde et de 10 francs pour ceux des autres provenances.

Digitized by Google

1209. Malgré tous les obstacles, la fabrication du sucre de betterave devenait florissante. Déjà en 1829, puis en 1832, le gouvernement avait pu demander un impôt sur ces produits, mais sans l'obtenir des Chambres. Un représentant du sucre colonial ayant demandé, en 1836, un dégrèvement de ce sucre favorisé, qui eût privé le Trésor d'une ressource importante et augmenté les difficultés pour l'industrie betteravière, on put songer, pour équilibrer la situation respective des deux sucres, à un impôt nouveau sur le sucre de betterave et à une régularisation nouvelle des droits sur les sucres coloniaux. L'ordonnance du 18 juillet 1837, relative au sucre de betterave, ordonne par ses considérants :

Il sera perçu par la régie des contributions indirectes, sur les sucres indigènes, savoir :

1° Un droit de licence de 50 francs par chaque établissement de fabrication de sucre indigène ;

2° Un droit en principal de 15 francs par 100 kilogrammes de sucre brut.

Article 2. — Les droits seront perçus aux époques suivantes :

Le droit de licence à partir du 1er janvier 1838 ;

Le droit sur la fabrication, à raison de 10 francs, à partir du 1er juillet 1838, et de 15 francs à partir du 1er juillet 1839.

Des ordonnances royales, rendues dans la forme des règlements d'administration publique, détermineront le mode de cette perception.

Ces ordonnances furent, en effet, converties en loi et rendues applicables à partir du 1er juillet 1839. Voici le texte de cette loi, connue sous le nom de loi des Types :

Digitized by Google

LOI DU 4 JUILLET 1838

SUCRES INDIGÈNES

ARTICLE UNIQUE.

Est prorogé jusqu'à la fin de la session de 1839 le délai dans lequel devront être convertis en lois les règlements d'administration publique relatifs à l'exécution de la loi du 18 juillet 1837, qui établit un impôt sur les sucres indigènes.

ORDONNANCE DU ROI

Portant règlement pour l'exécution de la loi du 18 juillet 1837 qui a établi un impôt sur les sucres indigènes.

(Insérée au *Bulletin des lois*, n° 583, le 7 juillet 1838.)

—

Au palais de Neuilly, le 4 juillet 1838.

LOUIS-PHILIPPE, roi des Français, à tous présents et à venir, salut :

Vu la loi du 17 juillet 1837, qui a établi un impôt sur les sucres indigènes, et notamment les articles 1 et 3, qui ont statué que le rendement du sucre brut au clairçage, terrage et raffinage, ainsi que le mode de perception de cet impôt seront déterminés par des ordonnances royales rendues dans la forme des règlements d'administration publique ;

Vu la loi du 4 juillet 1838, qui proroge jusqu'à la fin de la session de 1839 le délai dans lequel ces règlements doivent être convertis en loi ;

Sur le rapport de notre ministre, secrétaire d'État au département des finances ;

Notre conseil d'État entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

TITRE Ier. — APPLICATION DU DROIT.

ARTICLE PREMIER.

Conformément aux dispositions de la loi du 18 juillet 1837, le droit imposé sur le sucre indigène sera appliqué de la manière suivante :

Digitized by Google

ART. 2.

Il sera formé un type pour déterminer la nuance des sucres soumis au droit imposé au sucre brut par ladite loi, à savoir : de 10 francs par 100 kilogrammes à partir du 1er juillet 1838, et de 15 francs à partir du 1er juillet 1839.

Le même droit sera appliqué à toutes les qualités inférieures.

Pour déterminer la quotité proportionnelle d'impôt à percevoir, en exécution de ladite loi, sur les sucres claircés, terrés et raffinés, il sera formé deux types de nuances supérieures, dont la valeur excèdera celle du type du sucre brut : pour le premier d'un sixième, et pour le second d'un tiers.

En conséquence, le droit sur les sucres compris entre le deuxième type inclusivement, sera de 11 francs 10 centimes par 100 kilogrammes à partir du 1er juillet 1838, et de 16 francs 65 centimes à partir du 1er juillet 1839.

Le droit sur les sucres compris entre le deuxième et le troisième type inclusivement, sera de 12 francs 20 centtmes par 100 kilogrammes à partir du 1er juillet 1838, et de 18 francs 30 centimes à partir du 1er juillet 1839.

Le droit sur les sucres d'une nuance supérieure au troisième type et sur les sucres en pains, quelle qu'en soit la nuance, sera de 13 francs 30 centimes par 100 kilogrammes à partir du 1er juillet 1838, et de 20 francs à partir du 1er juillet 1839.

Le tout sans préjudice du décime par franc.

ART. 3.

Les types dont il est parlé dans l'article précédent sont formés par notre ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, après avoir entendu la chanbre de commerce de Paris, et déposés au greffe du Tribunal de première instance de la Seine.

Des types absolument semblables seront déposés, par l'administration des contributions indirectes, au greffe du Tribunal de première instance de chacun des arrondissements dans lesquels il y aura une fabrique de sucre.

La loi de 1838 eut des suites fâcheuses. Dix-sept départements sur trente-sept cessèrent de fabriquer du sucre; les vingt autres réduisirent leur fabrication, et l'activité se concentra dans les départements du Nord, où les betteraves, la main-d'œuvre et le combustible coûtent le moins cher. 63 fabriques furent fermées sur 485. La production tomba de plus de moitié, de 49 à 22 millions.

1210. Cependant la vitalité de l'industrie ne cessait de s'affirmer. La lutte soutenue contre elle par les colonies s'était envenimée peu à peu jusqu'au point de faire demander au nom de ces dernières la suppression de la fabrication du sucre de betterave. Le gouverne-

Digitized by Google

ment de Louis-Philippe osa faire cette proposition aux Chambres, le 10 janvier 1843, — avec rachat des fabriques, il faut l'ajouter. Une telle demande souleva tous les bons esprits, et, pour satisfaire, dans la juste mesure, aux réclamations des colonies, de nouveaux impôts purent être demandés et obtenus par le gouvernement jusqu'à péréquation, en cinq années, avec ceux dont le sucre des colonies d'Amérique était chargé. En juillet 1840 et juillet 1843, furent établis les droits suivants :

LOI SUR LES SUCRES (3 JUILLET 1840)

(Insérée au *Bulletin des lois*, n° 739, le 7 juillet 1840.)

SECTION PREMIÈRE

SUCRES DES COLONIES ET DE L'ÉTRANGER

ARTICLE PREMIER.

Le tarif des sucres à l'importation sera réglé ainsi qu'il suit, à partir de la promulgation de la présente loi :

SUCRES	des colonies françaises.	brut	autre que blanc	de Bourbon	38 fr. 50
				d'Amérique	45 fr. »
			blanc	de Bourbon	46 fr. »
				d'Amérique	52 fr. 50
		terré de toutes nuances		de Bourbon	60 fr. »
				d'Amérique	66 fr. 50
	étranger	brut, autre que blanc	par navires français	de l'Inde	60 fr. »
				d'ailleurs, hors d'Europe	65 fr. »
				des entrepôts	75 fr. »
			par navires étrangers		85 fr. »
		brut, blanc ou terré, sans distinction de nuances ni de mode de fabrication	par navires français	de l'Inde	80 fr. »
				d'ailleurs, hors d'Europe	85 fr. »
				des entrepôts	95 fr. »
			par navires étrangers		105 fr. »

ART. 2.

Le tarif des droits établis à l'importation des sucres des colonies françaises ne pourra être modifié que par une loi.

Digitized by Google

ART. 3.

Les droits payés à l'importation des sucres bruts seront restitués à l'exportation des sucres raffinés dans les proportions suivantes, lorsqu'on justifiera, par des quittances n'ayant pas plus de quatre mois de date, que lesdits droits ont été acquittés pour des sucres importés en droiture, par navires français, des pays hors d'Europe.

ESPÈCES DE SUCRES.		QUANTITÉS exportées.	MONTANT de la prime.
Sucre brut autre blanc.	Exportés.		
Sucres bruts autres que blancs.	Sucre mélis ou quatre cassons, entièrement épuré ou blanchi.	70 kilogrammes.	Le droit payé, décime compris, pour 100 kilogrammes de sucre brut, selon la provenance.
	Sucre candi sec et transparent.		
	Sucre lumps, sucre tapé de nuance blanche.	73 kilogrammes.	

ART. 4.

Les surtaxes établies sur les sucres étrangers et le classement des qualités inférieures dites *moscouades*, pourront être modifiés par des ordonnances royales dont les dispositions devront être soumises aux Chambres dans leur plus prochaine session.

SECTION II

SUCRE INDIGÈNE

ART. 5.

A partir de la promulgation de la présente loi, le droit de la fabrication sur le sucre indigène, de toute espèce, établi par la loi du 18 juillet 1837, sera perçu d'après les types fournis en exécution de l'ordonnance du 4 juillet 1838, et conformément au tarif ci-après :

	Par 100 kilogr.
1° Sucres au premier type et toutes les nuances inférieures..	25 fr. »
2° Sucres au-dessus du premier type, jusqu'au deuxième type inclusivement.....	27 fr. 75
3° Sucres au-dessus du deuxième type, jusqu'au troisième type inclusivement.	30 fr. 50
4° Sucres d'une nuance supérieure au troisième type, et sucres en pains inférieurs au mélis ou quatre cassons.	33 fr. 30
5° Sucres en pains mélis ou quatre cassons, et sucres candis.	36 fr. 10

Digitized by Google

ART. 6.

Le gouvernement continuera à déterminer, par des règlements d'administration publique, les mesures nécessaires pour assurer la perception du droit imposé par la présente loi sur les sucres indigènes.

Ces règlements devront être présentés dans la prochaine session des Chambres pour être convertis en loi.

Les contraventions aux dispositions desdits règlements seront punies des peines portées par l'article 12 de la loi du 10 août 1839.

LOI DU 2 JUILLET 1843

SUCRES

ARTICLE PREMIER.

Le droit de fabrication sur le sucre indigène, établi par la loi du 18 juillet 1837, sera porté progressivement au même taux que le droit payé à l'importation des sucres des colonies françaises d'Amérique.

A cet effet, à partir du 1er août 1844, ce droit sera augmenté, pendant quatre années successives de 5 francs par an sur le sucre indigène au premier type et de nuances inférieures.

ART. 2.

Au 1er août prochain, les trois types déterminés par l'article 5 de la loi du 3 juillet 1840, pour la classification des sucres indigènes, seront réduits à deux.

Le droit établi par ladite loi et par l'article précédent, pour le premier type et les nuances inférieures, sera accru :

1° d'un dixième pour les sucres au-dessus du premier type, jusqu'au deuxième inclusivement;

2° De deux dixièmes pour les sucres d'une nuance supérieure au deuxième type et pour les sucres en pains inférieurs au mélis ou quatre cassons.

3° De trois dixièmes pour les sucres en pains mélis ou quatre cassons et les sucres candis.

ART. 3.

A la même époque, les droits à percevoir sur les sucres coloniaux seront établis d'après des types semblables à ceux qui seront formés pour les sucres indigènes.

La surtaxe des sucres supérieurs aux sucres autres que blancs (premier type) sera égale à celle que supporteront les sucres indigènes de qualités correspondantes.

L'importation des sucres raffinés demeure prohibée.

Digitized by Google

ART. 4.

Le droit sur les glucoses à l'état de sirop et à l'état concret est fixé à 2 francs par 100 kilogrammes.

ART. 5.

Les droits établis sur les sucres indigènes seront appliqués aux glucoses granulés présentant l'apparence des sucres cristallisables.

ART. 6.

Le gouvernement continuera à déterminer, par des règlements d'administration publique, les mesures nécessaires pour assurer la perception du droit imposé par la présente loi sur les sucres indigènes, les glucoses ou matières saccharifères non cristallisables.

Ces règlements devront être présentés dans la prochaine session des Chambres pour être convertis en loi.

L'ordonnance pour l'application de la loi de 1843 porte le tableau suivant :

TABLEAU.

Digitized by Google

Désignations des espèces de sucre.	Types nuances et qualités.	TAXE AU PRINCIPAL PAR 100 KILOGRAMMES Au 1er août de chacune des années				
		1843	1844	1845	1846	1847
Sucre de betterave et tous les autres sucres cristallisables.	Sucre au premier type et toutes les nuances inférieures	25	30	35	40	45
	Sucres au-dessus du 1er type jusqu'au 2e inclusivement	27.50	33	38.50	44	49.50
	Sucres au-dessus du 2e type et sucres en pains inférieurs aux mélis ou quatre cassons (1)	30	36	42	48	54
	Sucres en pains mélis ou quatre cassons et sucres candis	32.50	39	45.50	52	58.50
Glucoses et tous les autres sucres non-cristallisables.	Sirops et sucres concrets	2	2	2	2	2
	Glucoses granulés	25	30	35	40	45

(1) Le nom de *quatre cassons* était appliqué aux sucres purs moulés en pains coniques de 5 à 10 kilogrammes. Celui de *trois cassons* aux mêmes sucres en pains de 3 à 5 kilogrammes; et celui de *deux cassons* aux pains de 1 à 3 kilogrammes. Tous pouvaient être cassés nettement, en raison de la structure cristalline grenue.

Les sucres inférieurs moulés en tronc de cône portaient le nom de *lumps* (du mot anglais *lump*, petite masse, morceau, etc.). C'étaient encore des sucres fins; leur poids variait de 10 à 20 kilogrammes.

Les *bâtardes* étaient des lumps presque entièrement colorés, non séchés à l'étuve.

Les *vergeoises* étaient entièrement colorées; on les désignait aussi par le nom de *cassonnade*, surtout en poudre.

Digitized by Google

Ainsi, en 1847, on arrive à la péréquation complète entre les taxes sur le sucre indigène et sur le colonial, péréquation maintenue encore aujourd'hui. Les types sont les mêmes pour le sucre des deux origines. Quant au raffiné, l'importation demeure prohibée en faveur de la raffinerie indigène.

Dans l'intervalle, les *droits à l'importation*, abaissés en août 1839, sont relevés en juillet 1840, au taux qui est encore exigible aujourd'hui :

Sucres bruts		38 50 à 45
Sucres blancs	Bourbon	46
	Amérique	52 50
Sucres étrangers	par navires français, de	51 à 58
	par navires étrangers, de	56 à 63

De ce jour, les deux sucres, mis sur un pied d'égalité réelle, ne rivaliseront plus que pour obtenir la première place dans la faveur publique. Tous deux augmentent de production, mais le sucre indigène surtout, maintenant débarrassé de toute crainte pour son existence. Voici le tableau de cette production pendant les cinq années antérieures à la péréquation :

	Sucre colonial. tonnes.	Sucre indigène. tonnes.
1843	83.445	28.000
1844	87.000	30.000
1845	102.383	57.019
1846	78.000	49.115
1847	99.000	60.169

1211. Toutefois, la loi de 1847 impose de telles charges à l'industrie du sucre de betterave que la lutte *pro domo sua* n'est pas complétement terminée. Sans parler des conditions vexatoires imposées par la régie : surveillance continuelle des employés, mise des sucres sous clef, etc., la base de prise en charge était de nature à provoquer des réclamations plus ou moins hâtives et amères.

Pour le faire comprendre, je crois devoir publier le tableau donné pour exemple, dans l'instruction du 15 décembre 1853, jointe aux lois nouvelles de mars, mai et juin 1851, dont je citerai seulement la dernière :

Digitized by Google

LOI DU 13 JUIN 1851

SUCRES

ARTICLE PREMIER.

Les sucres et les sirops de toute origine seront imposés en raison de la quantité de sucres purs qu'ils renferment et de leur rendement au raffinage.

Le rendement des sucres et des sirops ayant une richesse absolue de 98 pour 100, est fixé à 98 pour 100 et décroît successivement de deux centièmes par chaque degré centésimal de sucre pur.

Les droits à acquitter décroîtront dans la même proportion.

Il est accordé aux raffineries non annexées à des fabriques de sucre indigène une tolérance de 6 pour 100 sur la prise en charge des sucres.

Des décrets rendus sur la proposition des ministres de l'agriculture et du commerce et des finances, pourront modifier les bases du rendement, le rapport entre le rendement et les droits à acquitter, et la tolérance à accorder aux raffineries non annexées. Ils seront présentés au Pouvoir législatif pour être convertis en loi, dans un délai de trois mois, à partir de leur mise à exécution.

ART. 2.

Les droits seront acquittés par l'importateur ou par le fabricant au moment de la mise en consommation ou de l'expédition des raffineries.

Quand l'expédition aura lieu sur des raffineries non annexées à des fabriques, déduction sera faite de la tolérance de 6 pour 100 accordée sur la prise en charge.

ART. 3

Les raffineries seront soumises à l'exercice.

Tout établissement dans lequel on extrait le sucre des mélasses sera également soumis à l'exercice, et les droits seront perçus en raison de l'origine et de la provenance des mélasses.

ART. 4.

Avant d'être soumis à la taxation, les sucres en pâte et les sirops seront, au moyen d'échantillons ramenés à l'état de siccité des sucres égouttés et taxés en cet état.

Tout mélange, toute manœuvre ayant pour objet de déguiser la richesse des sucres, donnera lieu à la confiscation du sucre et au payement d'une amende de cinq cents francs.

ART. 5.

Les sucres et les sirops de toute origine ne pourront être introduits dans les raffineries que sous la garantie d'acquits à caution.

Digitized by Google

Les comptes des raffineries sont chargés, au minimum, des quantités de sucre imposables énoncées dans les acquits à caution, d'après les bases déterminées par l'article 1er.

Les excédants seront ajoutés aux prises en charge, et répartis proportionnellement aux quantités pour lesquelles les sucres de chaque origine seront compris dans les prises en charge.

Les droits dus sur les excédants seront acquittés au comptant et sans escompte, à la sortie des raffineries.

Les raffineurs paieront le même droit de licence que les fabricants de sucre indigène.

ART. 6.

Les sucres, sirops et mélasses de toute origine pourront être introduits, à toute époque de la fabrication, dans les raffineries annexées ou autres.

ART. 7.

Les droits a acquitter sont fixés ainsi qu'il suit :

Pour 100 kilogrammes de sucre pur indigène, cinquante francs.

Le sucre des colonies acquittera, pendant quatre ans, à partir de la promulgation de la présente loi, 6 francs de moins, par 100 kilogrammes, que le sucre indigène.

Le sucre étranger acquittera 11 francs de plus que le sucre indigène.

ART. 8.

Les mélasses importées des colonies françaises ou provenant des fabriques de sucres indigènes, qui entreront directement dans la consommation, acquitteront 10 francs par 100 kilogrammes.

Les mélasses provenant des raffineries annexées ou non annexées seront exemptes de droits.

Ne seront considérés comme mélasses que les résidus liquides de la fabrication des sucres, contenant au plus 50 pour 100 de sucre, et ayant au moins, à la température de 15 degrés centigrades, une densité de 1349 (38 degrés de l'aréomètre de Baumé), lorsqu'il s'agit de mélasses coloniales, et de 1441 (45 degrés de l'aréomètre de Baumé), quand il s'agit de mélasses indigènes.

ART. 9.

Quelle que soit la quantité de sucre pur qu'il seront reconnus contenir, les sucres des colonies françaises au delà du cap de Bonne-Espérance acquitteront 3 francs par 100 kilogrammes de moins que les sucres des colonies françaises de l'Amérique.

Les sucres étrangers importés de l'Inde en France par navires français acquitteront 3 francs par 100 kilogrammes de moins que les autres sucres étrangers importés des pays hors d'Europe par navires français.

Les sucres étrangers importés de la Chine, de la Cochinchine, des Philippines

Digitized by Google

et du royaume de Siam, par navires français, acquitteront 5 francs par 100 kilogrammes de moins que les sucres étrangers importés des pays hors d'Europe par navires français.

Les sucres étrangers importés des entrepôts en France, par navires français, acquitteront 10 francs de plus par 100 kilogrammes que le droit porté au tarif pour le sucre étranger.

Les sucres étrangers importés en France par navires étrangers, acquitteront 15 francs pour 100 kilogrammes de plus que les sucres étrangers importés des pays hors d'Europe, par navires français.

ART. 10.

Toute exportation de sucre raffiné en pains, de nuance blanche, et de sucre candi sec et transparent, provenant de sucres importés des pays hors d'Europe par navires français, donnera lieu, indépendamment du remboursement des droits d'entrée des quantités exportées, à l'allocation, pour 100 kilogrammes de sucre raffiné, d'une somme de 6 fr. 50 cent.

L'exportation devra avoir lieu dans un délai de six mois au plus, à dater de l'acquittement des droits.

ART. 11.

Les sucres raffinés dans les colonies ne pourront être exportés à l'étranger que sous pavillon français.

ART. 12.

Les sucres raffinés à l'étranger continueront d'être prohibés.

ART. 13.

Le bénéfice de la réfaction des droits résultant des dispositions des articles 51 à 59 de la loi du 21 avril 1818, cessera d'être appliqué aux sucres avariés.

ART. 14.

Des règlements d'administration publique détermineront, sous la sanction des peines prononcées par l'article 26 de la loi du 31 mai 1846 :

Les obligations des raffineurs et les conditions de l'exercice dans les raffineries, dans les raffineries annexées à des fabriques, et dans les fabriques de sucre ;

Les conditions de l'exercice dans les établissements où l'on extrait le sucre des mélasses ;

Les mesures nécessaires pour assurer la perception du droit imposé au sucre indigène, en substituant, pour fixer le minimum de la prise en charge et pour les diverses opérations de règlement des comptes, à la base actuelle du premier type, la richesse saccharine équivalente.

Un décret du président de la République, rendu sur le rapport des ministres de l'agriculture et du commerce, et des finances, déterminera le mode d'échantillonnage et de vérification des sucres et des matières sucrées.

Digitized by Google

DISPOSITIONS TRANSITOIRES

ART. 15.

Les dispositions de la présente loi n'auront leur effet qu'à dater du 1er janvier 1852.

Jusqu'à cette époque, et à partir du 15 juillet prochain, la taxe des sucres sera établie ainsi qu'il suit :

Sucres de nuance supérieure au premier type actuel.....	indigène..	47 fr. 50 c.	Par 100 kilogr.
	étranger..	58 00	
Sucres de nuances égales, au plus, au premier type actuel.....	mêmes droits, réduits de 3 francs, par 100 kilogrammes.		

Une nouvelle réduction de trois francs par 100 kilogrammes sera accordée aux sucres de nuance égale, au plus, à celle d'un sous-type qui sera établi par les soins des ministres du commerce et des finances, et qui correspondra à la qualité des sucres coloniaux dite bonne quatrième.

Le sucre colonial acquittera cinq francs de moins par 100 kilogrammes que le sucre indigène.

Les taxes différentielles établies par l'article 9 seront appliquées aux sucres des provenances mentionnées dans cet article.

Les sucres raffinés dans les fabriques de sucre indigène et dans les colonies acquitteront 10 pour 100 en sus du droit applicable au sucre de nuance supérieure au premier type actuel.

ART. 16.

Les alcools provenant des sucres de betterave seront soumis aux mêmes droits que les rhums et les tafias provenant du sucre de canne.

1212. *Valeur de la prise en charge telle que la régie la pratique.* — On prend la densité des jus, *avant l'addition de la chaux*, au moyen d'un densimètre.

D'un autre côté, l'expérience a montré que *chaque degré du densimètre* représente au moins 1400 grammes de sucre dans l'hectolitre de jus (*sucre au 1er type*).

La prise en charge a lieu sur cette base.

L'employé note la capacité de la chaudière (diminuée de 10 p. 0/0 de son volume réel); il prend le degré du jus (soit 4°.3); il multiplie le volume réduit par ce nombre de degrés et par 1400 grammes, et le produit donne la prise en charge.

Pour un volume de 12 hectolitres, on a : $12 \times 4°.3 = 51.6 \times 1^k.4 = 72^k.24$.

Digitized by Google

L'Instruction du 15 décembre 1853 donne, page 111, le tableau suivant :

Rappel des numéros des articles du registre n° 2.	NUMÉROS ET CONTENANCE NETTE des chaudières. 1	2	3	4	5	Volume des sucres imparfaits, sirops ou mélasses ajoutés à chaque défécation.	Quantité de jus à prendre en charge.	Degré du jus.	Volume du jus multiplié par la densité.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	hectol.	hectol.	hectol.	hectol.	hectol.	hectol.	hectol.		
37....	.....	.....	10.71	.....	.....	....	10.71	1.3	46.053
38....	.....	9.23	.....	.....	.....	1.17	8.06	4.1	33.046
39....	8.40	.....	.....	.....	.....	....	8.40	4.1	34.440
40....	.....	.....	.....	.....	12.74	....	12.74	4.4	56.045
41....	.....	.....	10.71	.....	.....	1.28	9.43	4.2	39.606
42....	.....	.....	.....	11.79	.....	1.13	10.66	4.4	46.904
43....	.....	9.23	.....	.....	.....	....	9.23	4.3	39.689
44....	.....	.....	.....	11.79	.....	....	11.79	4.2	49.518
45....	8.40	.....	.....	.....	.....	....	8.40	4.2	35.280
46....	.....	.....	.....	.....	12.74	....	12.74	4.1	52.234
47....	.....	.....	10.74	.....	.....	....	10.71	4.3	46.053
48....	.....	0.23	.....	.....	.....	1.16	8.07	4.2	33.894
49....	.....	.....	.....	11.79	.....	2.04	9.75	4.3	41.925
50....	8.40	.....	.....	.....	.....	0.71	7.69	4.4	33.836
Totaux....	25.20	27.69	32.13	35.37	25.48	7.49	138.38	»	588.534

Quantité de sucre au premier type à prendre en charge à raison de 1400 gr. par hectolitre de jus, 824 kilogrammes.

$$588 \times 534 \times 1.4 = 823.9476.$$

Ainsi pour 138.38 hectolitres d'une densité moyenne de 4.25 ou 1042.5 et dont le poids est ainsi de 14426^{kil}.115, la prise en charge = 5.7 pour 100 du poids du jus, et plus exactement 14426^{kil}.534.

$$\frac{14426.534 \times 5.7}{100} = 822.31$$

$$\frac{14426.115 \times 5.7}{100} = 821.94$$

4.1	4.2	4.3	4.4
8.06	9.43	10.41	12.74
8.40	11.79	9.23	10.66
12.74	8.40	10.71	7.69
»	8.07	9.75	»
29.20	37.69	40.40	31.09

Digitized by Google

$$
\begin{aligned}
29.20 \times 1041 &= 3039720 \\
37.69 \times 1042 &= 3927298 \\
40.40 \times 1043 &= 4213720 \\
31.09 \times 1044 &= 3245796 \\
&\overline{14426534}
\end{aligned}
$$

Moyenne des degrés $\frac{35}{14} = 2.5.$

Densité = 4.25.

$$
\begin{aligned}
&25.20 \\
&27.69 \\
&32.13 \\
&35.37 \\
&25.48 \\
&\overline{145.87} \\
&\quad 7.49 \\
&\overline{138.38}
\end{aligned}
$$

Les vices de cette méthode de prise en charge furent promptement reconnus. Deux années successives furent marquées par la mauvaise qualité de la betterave : des manquants de plus d'un cinquième firent ouvrir les yeux. On en accorda la remise en voyant tomber une vingtaine de fabriques; mais on ne sut pas éviter un écueil sur lequel on poussait les fabricants, écueil dont les aspérités ne pouvaient être diminuées dans l'avenir et où ils sont encore abattus aujourd'hui, l'élévation extraordinaire du prix de la betterave. Éloignés de la fabrication du sucre par les difficultés du fisc, beaucoup de fabricants, séduits par le haut prix de l'alcool à cette époque (*maladie de la vigne*), convertirent leurs fabriques en distilleries. Mais une déception nouvelle les attendait : presque tous les résultats obtenus furent négatifs; un bénéfice considérable sortit de la conversion du travail sucrier en travail alcoolique, mais ce bénéfice, créé par l'engouement irréfléchi des fabricants et la rivalité de leurs offres aux cultivateurs, ne fut profitable qu'à ces derniers. La betterave atteignit un prix élevé dont elle n'a plus été privée depuis. De 11 ou 12 francs les 1000 kilogrammes, elle monta jusqu'à 16, 18, 20 francs et davantage.

Digitized by Google

1213. Les réclamations trouvèrent un organe autorisé dans Corenwinder, fabricant et chimiste distingué. Voici les observations publiées par lui en 1858 (1) :

NOTE

SUR LA PRISE EN CHARGE

DE

LA RÉGIE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES

DANS DES FABRIQUES DE SUCRE INDIGÈNE

PAR B. CORENWINDER

Depuis la promulgation de la loi du 31 mai 1846, le minimum de la prise en charge, dans les fabriques de sucre, est de 1400 gr. par hectolitre de jus et par degré de densimètre, c'est-à-dire que le fabricant est assujetti à payer l'impôt, au minimum, sur une quantité de sucre qui s'obtient *à priori* en multipliant le nombre d'hectolitres de jus mis à la défécation par le degré observé et par 1400 grammes.

Le jus, par exemple, a une densité de 4 degrés ou 1040 (le poids spécifique de l'eau étant 1), $1 \times 4 \times 1$ k. 400 ou 5 k. 50 est la quantité de sucre dont le fabricant doit rigoureusement acquitter l'impôt à l'administration pour chaque hectolitre de jus fabriqué à 4 degrés.

Ce minimum de prise en charge est-il justifié par des données expérimentales, par des observations rigoureuses? Nous ne le pensons pas, et nous allons prouver que, dans la plupart des circonstances, le facteur 1400 gr. est beaucoup trop élevé.

Nous avons réuni dans le tableau suivant les chiffres indiquant les richesses saccharines de la betterave, comparées avec la densité du jus. Ces chiffres sont le résultat d'un grand nombre d'analyses, et leur moyenne représente, avec un degré d'approximation suffisant, la quantité de sucre qu'on doit attribuer à la betterave. Ils peuvent servir efficacement à discuter le mode d'appréciation du rendement probable employé actuellement par la régie des contributions indirectes.

(1) *Extrait du Journal d'agriculture pratique*, n° du 5 mars 1858.

Digitized by Google

L'examen de ce tableau nous apprend d'abord que la densité du jus est loin d'être dans le même rapport que le sucre dans la betterave. *A priori*, cette anomalie apparente est facile à expliquer. Outre le sucre, la betterave renferme encore des matières saines et albuminoïdes dont la présence influe sur la pesanteur spécifique du jus. Ces matières étrangères sont, relativement, plus abondantes dans une betterave pauvre que dans une betterave riche, parce que les conditions qui nuisent à la production du sucre sont celles, au contraire, qui favorisent le développement des éléments salins et azotés. Ces analyses prouvent surabondamment cette vérité, et, à ce point de vue, elles infirment déjà la valeur d'un procédé d'évaluation du rendement probable, fondé sur l'observation de la densité du jus.

TABLEAU.

Digitized by Google

Tableau comparatif des diverses densités du jus de betterave et de la quantité de sucre constatée pour chacune d'elles.

Densités de 3° à 4°.		Densités de 4° à 5°.		Densités de 5° à 6°.	
Poids du litre.	Quantité de sucre par litre.	Poids du litre.	Quantité de sucre par litre.	Poids du litre.	Quantité de sucre par litre.
1030	51.06	1040	69.17	1050	113.64
1030	50.47	1040	61.76	1050	108.70
1030	60.59	1040	72.47	1050	106.05
1032	72.47	1040	88.94	1050	106.05
1036	72.47	1042	92.23	1051	98.82
1036	70.97	1043	82.35	1051	108.67
1037	63.40	1043	93.88	1052	120.23
1037	83.06	1043	97.17	1852	120.23
1038	79.40	1043	82.00	1852	113.64
1038	77.44	1044	88.94	1852	108.70
1038	70.82	1044	87.27	1054	113.83
1038	72.47	1044.	87.29	1054	126.82
1038	83.00	1044	85.81	1055	115.20
1038	85.60	1044	98.00	1055	115.20
1038	82.35	1045	113.64	1055	108.70
1039	67.50	1045	110.00	1056	116.90
»	» »	1045	97.25	1056	92.23
»	» »	1045	98.82	»	» »
»	» »	1045	90.60	»	» »
»	» »	1045	92.88	»	» »
»	» »	1046	98.82	»	» »
»	» »	1046	102.12	»	» »
»	» »	1046	84.00	»	» »
»	» »	1047	102.12	»	» »
»	» »	1049	126.82	»	» »
»	» »	1048	98.82	»	» »
»	» »	1048	105.41	»	» »
»	» »	1049	98.00	»	» »
»	» »	1049	95.53	»	» »
»	» »	1049	107.00	»	» »
1035.8	71.44	1044.7	93.30	1052.6	111.39

Mais, nous dira-t-on, il ne suffit pas de condamner une méthode, il faudrait encore en proposer une qui fût susceptible de donner de meilleurs résultats.

Nous ne pensons pas qu'il faille rejeter absolument l'emploi du densimètre pour l'évacuation *à priori* du rendement probable de la betterave, mais nous croyons qu'il faut modifier le facteur 1400 gr., qui, d'après ce que nous allons

Digitized by Google

démontrer, est trop élevé, et le remplacer par un chiffre plus en harmonie avec les données expérimentales.

Dans le tableau suivant, nous avons indiqué, dans la première ligne, les richesses saccharines moyennes du jus de betterave correspondantes aux degrés le plus ordinairement observés; ces moyennes ont été établies proportionnellement à celles qui résultent de nos analyses et qui sont consignées au bas du premier tableau.

Dans la seconde ligne de ce deuxième tableau, nous avons fait figurer les prises en charge de la régie pour les différents degrés du densimètre. Il est évident qu'en retranchant les chiffres inférieurs de ceux qui leur correspondent dans la ligne supérieure, les restes expriment les quantités de sucre qui excèdent la quotité de la prise en charge pour chaque degré du densimètre ; ils indiquent conséquemment ce que l'administration suppose devoir rester de sucre dans les mélasses, les pertes à subir à la filtration, l'évaporation, la clarification, etc.

	Densité 3°.	Densité 3°.5.	Densité 4°.
Richesse saccharine correspondante par hectolitre.	5k.986	6k.984	8k.348
Prise en charge actuelle de la régie (1 k. 400 × le degré) par hectolitre.....	4k.200	4k.900	5k.600
Différence.....	1k.786	2k.084	2k.748

	Densité 4°.5.	Densité 5°.	Densité 5°.5.
Richesse saccharine correspondante par hectolitre.	9k.326	10k.588	11k.647
Prise en charge actuelle de la régie (1 k. 400 × le degré) par hectolitre.....	3k.326	7k.000	9k.700
Différence.....	3k.092	3k.588	3k.947

On remarque que, si le fabricant opère sur des jus ayant une densité de 5 degrés, le reste est de 3 k. 588 par hectolitre; ce reste pourra évidemment, dans la plupart des cas, être suffisant pour que le fabricant atteigne le minimum établi sur la base de 1400 grammes par hectolitre ; mais, si la densité n'est que de 3°,5 ou même de 4 degrés, les différences seront inférieures à la quantité de sucre qui doit disparaître par la suite des opérations, ajoutée à celle qui sera retenue dans les mélasses, et alors il aura fatalement des manquants.

L'expérience a justifié cette démonstration ; tous les hommes compétents savent qu'avec des betteraves au-dessous de 4 degrés on a inévitablement des manquants.

Nous avons la certitude qu'on peut évaluer à 1 k. 250 par hectolitre de jus à 4 degrés la quantité de sucre qui disparaît, tant dans les écumes de défécation que dans les diverses manipulations, telles que :

La filtration sur le noir animal,
L'évaporation,
La cuite des sirops premiers jets,
La clarification et la filtration des seconds jets,
La cuite des troisièmes et des quatrièmes jets.

Digitized by Google

Il en résulte que, si l'on opère sur du jus à 4 degrés qui contient, d'après l'expérience, en moyenne 8 k. 348 de sucre par hectolitre, la richesse saccharine de ce jus se trouve réduite en réalité à 8 k. 348 — 1 k. 250, ou.....	7k.098
La prise en charge (à 4°) étant de.....	5k.600
Il reste.....	1k.498

Il faudrait donc, pour que la prise en charge ne fût pas trop élevée, que ce dernier reste ne fût pas inférieur à la quantité de sucre qui doit être retenue dans les mélasses.

Or, il est positif que les fabricants obtiendront cette année de 3 k. 5 à 4 kilogr. de mélasse épuisée par hectolitre de jus primitif à 4 degrés. Un grand nombre d'entre eux assurent même qu'ils en auront davantage.

Par suite de nombreuses analyses, nous pouvons affirmer que les mélasses pesant 46 à 47 de l aréomètre Baumé (47 à 48 densimétrique), en un mot dans l'état de concentration où elles se trouvent dans les vaisseaux de cristallisation, renferment de 48 à 50 pour 100 de sucre qu'on n'en saurait extraire par les moyens ordinairement employés.

	Sucre.
Il restera donc 3 k. 750 de mélasse au minimum.....	1k.800
En déduisant l'excédant de la richesse absolue sur la prise en charge.....	1k.498
Il reste.....	0k.302

Il résulte incontestablement de ces exemples que les mélasses retiendront obstinément 302 gr. de sucre par hectolitre de jus à 4 degrés, et cependant ces 302 gr. ont été pris en charge par la régie.

Si la densité du jus n'est que de 3°,5, la quantité de mélasse produite sera un peu moins considérable; on peut l'évaluer de 3 kil. à 3 k. 50 par hectolitre.

Remarquons qu'avec des jus plus faibles, la perte, dans les manipulations, sera un peu moins importante. D'après des observations certaines, elle peut être fixée, au minimum, à 1 kil. de sucre par hectolitre.

Cela posé, si, de la quantité de sucre contenue d'une manière absolue dans un hectolitre de jus à 3°.5 ou de.....	6k.984
On déduit, pour la perte du travail.....	1k.000
Il reste.....	5k.984
La prise en charge à 3°.5 étant.....	4k.900
Différence.....	1k.084
La quantité de sucre qui doit rester dans les mélasses est en moyenne 3 k. 250 × 48/100 ou.....	1k.560
En déduisant l'excédant sur la prise en charge.....	1k.084
Reste.....	0k.476

Digitized by Google

Le manquant par hectolitre de sucre à 3°,5 sera donc de 476 gr., c'est-à-dire que l'industriel qui opère sur des jus ayant une densité moyenne de 3°,73 (ce qui est le cas le plus général cette année) éprouvera tous les jours un déficit sur la prise en charge de $\frac{302 \text{ gr.} + 476}{2}$ ou 0 k. 389 gr. par hectolitre de jus. Ce déficit, il est vrai, se trouvera atténué par la décharge de 5 pour 100 que l'administration accorde sur les mélasses, mais néanmoins il sera encore fort élevé dans les conditions que nous venons d'établir. D'après les renseignements qui nous parviennent, nous croyons pouvoir affirmer que nous ne présentons pas la situation dans son jour le plus sombre, et que les manquants prendront, cette année, des proportions beaucoup plus considérables.

Est-il bien équitable de faire à un industriel une position plus défavorable lorsqu'il a des betteraves de mauvaise qualité que lorsqu'il a la chance heureuse d'en manipuler dont la densité et la richesse saccharine sont élevées? N'est-ce pas aggraver sa position que d'exiger de lui proportionnellement plus de rendement en sucre alors que la betterave est pauvre que lorsqu'elle est riche, et ne faudrait-il pas, dans tous les cas, quelle que fût la densité du jus, que la différence entre la richesse saccharine absolue et la prise en charge fût toujours la même que si la densité était de 5 degrés?

Dans le tableau suivant, nous avons déduit de la richesse saccharine absolue les quantités de sucre qui devaient être prises en charge par chaque degré du densimètre, pour que les restes fussent tous égaux au chiffre 3 k. 588, qui exprime l'excès de la richesse saccharine à 5 degrés sur la prise en charge au même degré.

Densité 3°. kil.	Densité 3°.5. kil.	Densité 4°. kil.	Densité 4°.5. kil.	Densité 5°. kil.	Densité 5°.5. kil.
5.986	6.984	8.348	9.392	10.588	11.647
2.398	3.396	4.760	5.804	7.000	8.059
3.588	3.588	3.588	3.588	3.588	3.588

On remarquera que, pour arriver à obtenir des restes égaux, il faut déduire par hectolitre :

Pour 3°.0 $2^k.398$ ou $0^k.799 \times 3$
— 3°.5 $3^k.396$ ou $0^k.970 \times 3.5$
— 4°.0 $4^k.660$ ou $1^k.190 \times 4$
— 4°.5 $5^k.804$ ou $1^k.288 \times 4.5$
— 5°.0 $7^k.000$ ou $1^k.400 \times 5$
— 5°.5 $8^k.059$ ou $1^k.465 \times 5.5$

Or les facteurs qui multiplient les degrés successifs se trouvent très-rapprochés des nombres :

0 k. 800, 1 k. 000, 1 k. 200, 1 k. 300, 1 k. 400, 1 k. 500.

Il en résulte nécessairement que ce sont ces différents facteurs qui devraient être adoptés pour les degrés correspondants :

3°.0, 3°.5, 4°.0, 4°.5, 5°.0, 5°.5;

Digitized by Google

et alors, quelle que fût la richesse de la betterave, on n'exigerait pas du fabricant un minimum plus considérable que si la densité de cette racine était uniformément de 5 degrés.

On ne concevrait pas évidemment que l'administration pût être plus exigeante quand le degré du jus est faible que lorsqu'il atteint le nombre 5. Si, à la fin de la campagne, elle constate des excédants dans les années favorables, ces excédants viennent augmenter le chiffre qui incombe déjà au compte du fabricant; dans les mauvaises campagnes, même avec une prise en charge établie sur des bases conformes à celles que nous venons de fonder, les excédants seraient souvent peu considérables, peut-être même seraient-ils nuls quelquefois, et dans tous les cas l'administration aurait toujours le droit de les prendre en charge, comme elle le fait actuellement dans les années où la betterave est de bonne qualité.

S'il était au pouvoir du fabricant de donner constamment à la betterave une richesse saccharine supérieure, il ne manquerait évidemment pas de le faire, et l'administration n'aurait-elle pas toujours alors à constater des excédants?

La prise en charge de 1400 grammes a été établie à une époque où l'on croyait que la richesse saccharine de la betterave était irrévocablement de 10 pour 100, et la densité la plus habituelle de 5 degrés; mais aujourd'hui que de nombreuses observations ont démontré le contraire, aujourd'hui que le cultivateur, tenté par le haut prix que cette racine a atteint dans ces dernières années, a, pour ainsi dire, transformé la betterave en une plante plutôt azotée que sacharifère, il est certain que cette richesse de 10 pour 100 est l'exception, non-seulement dans l'arrondissement de Lille, mais encore dans beaucoup d'autres contrées.

Y aurait-il le moindre inconvénient à modifier le minimum de 1400 grammes, conformément aux données expérimentales et positives que nous venons de développer? Nous ne le pensons pas.

A notre avis, la prise en charge ne peut plus être considérée aujourd'hui, depuis l'établissement de la permanence, que comme un renseignement primitif destiné à éclairer l'administration sur les résultats probables de la campagne et à contrôler les opérations ultérieures des fabricants. Il est peu rationnel, en effet, d'asseoir irrévocablement la base de l'impôt sur une donnée incertaine, entachée de nombreuses causes d'erreurs, alors que, dans la suite des opérations, on obtient des résultats incontestables et dont l'autorité est infaillible.

On conçoit que, lorsque les fabriques de sucre n'étaient pas exercées avec la rigueur salutaire qui existe aujourd'hui, on devait exiger du fabricant la représentation rigoureuse du minimum de sucre évalué par la prise en charge; mais, depuis l'établissement de la permanence, cette rigueur est devenue inutile, car le service est toujours assuré que l'impôt sera perçu dans toute son intégralité.

Non-seulement aujourd'hui l'administration fait constater par ses agents le volume du jus de betterave qui est mis en fabrication et la quantité de sucre qu'elle suppose que ce jus doit produire, mais elle est armée encore d'une comptabilité admirable, véritable chef-d'œuvre de science administrative, qui

Digitized by Google

permet à l'employé de faire à chaque instant l'inventaire des sirops existant dans l'établissement qu'il est chargé de surveiller.

Sur un registre, le fabricant est obligé d'inscrire lui-même, avec une exactitude rigoureuse, les volumes de sirop cuit qu'il fait verser dans les vaisseaux de cristallisation; un autre registre tenu par l'employé chargé du service permet d'établir, tous les jours, la situation de ces vaisseaux, de constater ceux qu'on emplit et ceux qu'on vide; cet employé prend même une note exacte des affaissements naturels qu'éprouve le sirop par son refroidissement; il assiste à sa purgation par les turbines ou par les moyens anciens; il enregistre le sucre obtenu après l'avoir fait peser sous ses yeux, le fait déposer dans un magasin dont les fenêtres sont grillées et dont il conserve la clef. Enfin il suit pas à pas les transformations qu'éprouvent les eaux mères des cristallisations successives; pas un litre de sirop, pas un kilogramme de sucre ne peut être détourné de sa destination légitime, jusqu'au moment où il est permis au fabricant de disposer des mélasses épuisées de tout le sucre qu'elles peuvent fournir par les moyens ordinairement employés.

Il est donc incontestable, tout le monde en convient, que la fraude est matériellement impossible dans les fabriques de sucre. Dans le cas de prévarication, peut-être, des abus pourraient avoir lieu; mais cette hypothèse est inadmissible, d'abord parce que la prévarication n'existe pas dans l'administration française, ensuite parce que le service du contrôle et de l'inspection la rend impossible.

De bonne foi, en présence de ces formidables moyens de répression, quel caractère peut avoir la prise en charge établie sur les bases actuelles? Le premier fabricant qui, sous l'empire de la législation aujourd'hui en vigueur, a payé des manquants, a démontré l'inexactitude de la prise en charge : la première constatation qu'on a faite d'un manquant a prouvé, non pas qu'un fabricant avait fraudé, mais qu'on avait exigé de lui ce qu'il lui était impossible de fournir, c'est-à-dire plus de sucre qu'il n'en pouvait extraire de la matière première employée.

Pour nous résumer, nous croyons que depuis l'établissement de l'exercice en permanence, le minimum exigé *à priori* d'après la densité du jus est devenu aléatoire, et que l'administration pourrait se contenter, sans inconvénient pour le trésor, des moyens rigoureux de répression que lui procure sa comptabilité; toutefois, si l'on persiste à maintenir le principe d'une prise en charge quelconque, ce qui précède démontre que le chiffre de 1400 grammes est trop élevé et doit être remplacé par un autre nombre plus en harmonie avec les résultats de l'expérience et de l'observation.

J'ai donné cette note, malgré son étendue, parce qu'elle renferme des détails relatifs à un sujet d'une actualité pressante : le rapport de la densité des jus avec leur richesse en sucre; on les joindra aux résultats déjà donnés § 437.

Digitized by Google

1214. Le 20 décembre 1854, un décret réduisit encore les droits sur les sucres étrangers.

	SUCRE DE NUANCE			
	au plus égale au premier type.		supérieure au premier type.	
	1854	1855	1854	1855
Chine, Cochinchine, Philippines, Siam..	40	45	51	48
Autres contrées de l'Inde.....	50	47	53	50
D'ailleurs (hors d'Europe).....	53	50	56	53
Des entrepôts.....	63	63	66	63
Par navires étrangers.....	68	65	71	68

Ainsi le droit de surtaxe des sucres américains ne dépassait plus que de 5 francs le droit sur le sucre indigène; on craignait la pénurie, dont la mauvaise situation des fabriques devait être la cause; il n'en fut rien. L'énergie des fabricants surmonta tous les obstacles.

La guerre de Crimée commença, par le double décime, à en créer de nouveaux; le droit se trouve porté à 54 francs pour les sucres inférieurs au n° 13 et à 57 fr. 60 pour les sucres supérieurs.

Le 27 juin 1856, une loi nouvelle vint encore les augmenter : elle réduisait les taxes du sucre colonial.

Sucre des colonies au delà du Cap (premier type).....	42
Sucre des colonies d'Amérique (premier type).....	45
Pour les nuances supérieures, 3 francs en sus.	
Pour les raffinés, 10 pour 100 en sus (des précédents).	
Avec réduction temporaire de 7 fr. jusqu'au 30 juin 1858.	
— 5 fr. l'année suivante 1858-1859.	
— 3 fr. les deux années 1859-1861.	

En 1860 (23 mai), la sucrerie obtient un abaissement considérable : à 27 fr. 50 et à 30 francs, sans distinction d'origine, indigène ou coloniale, au moins en principe; car les sucres des colonies sont détaxés de 3 francs jusqu'en janvier 1861. D'ailleurs, on accorde la faculté d'*abonnement* pour certaines fabriques : celles qui réunissent toute la partie du matériel consacrée à la râpe et aux défécations, ou carbonatations, dans une même salle où les employés de la régie peuvent aisément contrôler tout. Il leur faut, en outre, adopter un système de robinets spéciaux conformes au modèle de

Digitized by Google

l'administration, mis sous cadenas, etc.; une hauteur fixée pour le jus dans les chaudières, afin de rendre la prise en charge rapide et sûre; accepter la prise à 1425 grammes par hectolitre et par degré; payer les droits à toute fin de mois, d'après cette prise en charge.

Voici le texte de cette loi :

LOI DU 23 MAI 1860

TARIF DES SUCRES.

ARTICLE PREMIER.

A partir du 24 mai courant, les droits sur le sucre seront établis ainsi qu'il suit :

Sucre.	non raffiné et non assimilé au raffiné..	indigène.....	25 fr.	les 100 killogr.
		par navires français. des colonies françaises.....	25	
		par navires français. d'ailleurs, hors d'Europe.....	28	
		par navires français. des entrepôts....	35	
		par navires étrangers.....	39	
	raffiné dans les fabriques de sucre indigène non abonnées et dans les colonies...	mêmes droits que ci-dessus augmentés de deux francs cinquante centimes (2 fr. 50.) par 100 kilogrammes.		

Mélasses des colonies françaises..... 7 fr. les 100 kilogr,

ART. 2.

Toutefois, les sucres des colonies françaises jouiront de la détaxe de 3 francs par 100 kilogrammes, établie à leur profit par la loi du 28 juin 1856, jusqu'au 30 juin 1866.

ART. 3.

La taxe différentielle de provenance établie par la loi du 13 jnin 1851, à l'égard des sucres importés des colonies françaises au delà du cap de Bonne-Espérance, continuera à subsister jusqu'au 30 juin 1864. A partir de cette époque, cette taxe différentielle sera réduite à 1 fr. 50 cent. jusqu'au 30 juin 1865, époque à laquelle elle sera supprimée.

ART. 4.

Tout fabricant de sucre pourra contracter avec l'administration des douanes et des contributions indirectes un abonnement par lequel il s'obligera à acquitter le montant des droits sur la prise en charge à la défécation.

Cette prise en charge sera établie au chiffre minimum de 1425 grammes par hectolitre de jus et par degré du densimètre. Les sucres, sirops et mélasses provenant de toute fabrique abonnée seront assimilés aux sucres libérés d'impôt.

Digitized by Google

ART. 5.

Les fabriques-raffineries abonnées pour leur fabrication seront assimilées, pour les opérations du raffinage, aux raffineries non exercées.

ART. 6.

Un règlement d'administration publique déterminera les conditions auxquelles les abonnements prévus par le premier paragraphe du présent article pourront être contractés.

ART. 7.

Le premier type actuel est maintenu en ce qui concerne les sucres destinés à l'exportation des sucres de nuance égale ou inférieure à ce type seront restitués à l'exportation ; des sucres raffinés, dans les proportions suivantes : lorsqu'on justifiera, par des quittances n'ayant pas plus de quatre mois de date, que lesdits droits ont été acquittés pour des sucres importés directement par navires français des pays hors d'Europe.

ART. 8.

Le droit ne sera pas dû sur le sucre brut indigène qui sera exporté à l'étranger.

Une loi du 2 juillet 1862 remonte les droits de 27 fr. 50 à 37 francs et de 30 à 42 francs.

1215. Arrive 1864. Le besoin d'une loi commune pour les nations sucrières est devenu tout à fait impérieux. Une Commission internationale est réunie à Cologne : des études sur une grande échelle sont faites, et, d'accord avec l'Angleterre, la Belgique et la Hollande, la France admet la loi commune suivante :

Sucres de toute origine.	Droits. 100 kilogrammes.
Au-dessous du n° 13 (français).....	42
Au-dessus de 13 à 20.....	44
Au-dessus de 20.....	45
Raffinés en fabrique.....	47

Ces droits durent être exprimés d'après les types hollandais pour l'exportation. Il est entendu par la Commission que le rapport des types est le suivant :

Digitized by Google

Français.	Hollandais.	Français.	Hollandais.
1 au-dessus de 20.....	19.5	13.....	12
20.....	17	12.....	11
19.....	16	11.....	10.5
18.....	15	10.....	10
17.....	14.5	9.....	9.5
16.....	14	8.....	8.5
15.....	13.5	7.....	7.5
14.....	12.66	6.....	7

La Commission, par ses expériences, crut pouvoir établir le rendement des raffinés.

Sucres du type hollandais.	Rendement par 100 kilogrammes.	
Au-dessous de 7.....	67	
De 7 à 9.....	80	
De 10 à 13.....	88	
De 14 à 18.....	94	
De 19 à 20.....	96	
Au-dessus de 20.....	97	(1).

Le raffineur-exportateur doit, avant deux mois, faire sortir une proportion de raffiné calculée d'après ce rendement, avec *déclaration d'admission temporaire*. Au moment de la sortie, on lui délivre un *certificat d'exportation*, indiquant cette proportion exportée, la route de sortie, le lieu du destinataire. La décharge des droits est basée sur le certificat. Ainsi, 100 kilogrammes exportés produisent la libération.

De 149kil.2..... au-dessous de 7,
125..... de 7 à 9,
113kil.6..... de 10 à 13,
106..... de 14 à 18, etc. (2).

(1) Les deux derniers n'ont pas été fixés par la Commission, mais plus tard par le gouvernement français. Art. 6 de la loi (voy. plus bas).

(2) Il se produit, d'après ces nombres, un résultat financier digne de remarque. Les sucres 7 à 13 payent 42 francs; au-dessus, 44 francs. Pour l'exportation, le raffiné ne paye pas d'impôt; tous les excédants deviennent un double bénéfice. Ces excédants ne sont pas de minime valeur. Pour les sucres au-dessous de 7, ils ont atteint (dans les années 1873, 1874, 1875) 11 pour 100, pour les 7 à 9, — — — 17 pour 100.

Telle peut être la marge donnée par un titrage par la *nuance*.

Si le sucre est vendu en France, il paye de suite avec 1 pour 100 d'escompte, ou à quatre mois sans escompte.

Les exportateurs peuvent réaliser le bénéfice de leurs excédants en vendant

Digitized by Google

LOI DU 7 MAI 1864
RELATIVE AU RÉGIME DES SUCRES.

ARTICLE PREMIER.

A partir du 15 juin 1864, les droits sur les sucres seront établis ainsi qu'il suit, décimes compris :

Sucres.	bruts de toute origine	au-dessous du n° 13	42 fr.	les 100 kilogr.
		du n° 13 au n° 20 inclus	44	
	assimilés aux raffinés	poudre blanche au-dessus du n° 20	45	
	raffinés dans les fabriques de sucre indigène et dans les colonies françaises		47	

Les types n°s 13 à 20 seront déterminés conformément à la série des types de Paris.

ART. 2.

Les colonies françaises de l'île de la Réunion et des Antilles jouiront d'une détaxe de 5 francs par 100 kilogrammes, du 15 juin 1864 au 1er janvier 1870, décimes compris.

ART. 3.

Les sucres importés des pays hors d'Europe par navires étrangers et les sucres importés des pays et des entrepôts d'Europe, quel que soit le mode de transport, seront soumis à une surtaxe de 2 francs par 100 kilogrammes, décimes compris.

leurs certificats, et les raffineurs, livrant en France, peuvent trouver du bénéfice en achetant ces certificats. Naturellement la demande et l'offre ont fait leur jeu, ce qui a conduit aux calculs suivants :

Le raffiné peut valoir 48 fr. 50 avec les décimes, etc.; s'il acquitte du sucre inférieur à 7, il paye en argent 42 francs, et la sortie du produit ne lui coûte que 67 kil. × 0.495 ou 32 fr. 495, soit 9 fr. 505 en moins. Le certificat procure ce bénéfice.

Si l'on acquitte du 14 à 18, il faut ne donner en argent que 44 francs, tandis que le certificat oblige à payer 94 × 0.485 ou 45.59, soit 1.59 en plus.

Ainsi l'État fait payer plus cher :

Les sucres de 6 à 9 en argent qu'en certificats,
Et ceux de 11 à 18 en certificats qu'en argent.

Le cours de 48 fr. 50 est variable à cause de la variabilité du *rendement réel*. De là des fluctuations incessantes et un agio continuel. Le seul résultat produit pour les fabricants et raffineurs, c'est la faculté, pour le raffineur, de donner une prime illusoire au fabricant sur le sucre brut et de rejeter les acheteurs de sucre du dehors.

Digitized by Google

ART. 4.

La faculté d'abonnement accordée aux fabriques de sucre indigène par l'article 4 de la loi du 23 mai 1860 est et demeure supprimée.

ART. 5.

Le régime actuel du drawback est supprimé.

Les sucres non raffinés, de toute origine, jouiront de la faculté de l'admission temporaire en franchise, sous les conditions ci-après déterminées.

L'admission temporaire ne sera obligatoire qu'à l'égard des sucres qui seront raffinés pour l'exportation.

Les sucres déclarés pour l'admission temporaire donneront lieu à des obligations cautionnées.

Ces obligations seront apurées dans un délai qui ne pourra excéder quatre mois, soit par l'exportation après raffinage ou par la mise en entrepôt d'une quantité de sucres raffinés correspondant aux rendements qui seront déterminés par le payement des taxes et surtaxes applicables aux sucres bruts soumissionnés.

Lorsque les raffinés exportés proviendront de sucres importés par navires étrangers, les soumissionnaires devront payer, au moment de l'exportation ou de la mise en entrepôt, la moitié de la surtaxe de pavillon.

Relativement aux obligations cautionnées, l'action du trésor et la responsabilité des comptables resteront de tous points soumises aux règles tracées par les ordonnances et arrêtés rendus sur les crédits accordés pour le payement des droits de douane.

ART. 6.

(Rendement des sucres destinés à l'exportation après raffinage.)

ART. 7.

Les sucres raffinés qui, après avoir été placés en entrepôt dans les conditions prévues par l'article 5, seront retirés pour la consommation, acquitteront les droits afférents à la matière brute dont ils proviennent et sur les quantités soumissionnées au moment de l'admission temporaire.

ART. 8.

Si les obligations ne sont pas apurées dans le délai fixé par l'article 5 de la présente loi, le trésor poursuivra immédiatement, outre le recouvrement du droit d'entrée, le payement des intérêts de ce droit, à raison de 5 pour 100 l'an, à partir de l'expiration dudit délai.

Toute tentative ayant pour but de faire admettre à l'exportation ou à la réintégration en entrepôt, comme il est dit à l'article 5, des sucres n'ayant pas le poids déclaré ou le degré de pureté ou de blancheur exigé par les règlements sur la matière, sera punie, dans le premier cas, d'une amende de 10 francs par

Digitized by Google

100 kilogrammes. La marchandise pourra être retenue pour sûreté de l'amende et des frais.

ART. 9.

La restitution des droits à l'exportation des sucres raffinés, lorsque le payement de ces droits sera justifié au moyen de quittances antérieures à la promulgation de la présente loi et n'ayant pas plus de quatre mois de date, se fera sur les bases du tarif et d'après les rendements déterminés par les lois antérieures.

Les sucres raffinés indigènes non libérés d'impôt, existant en magasin dans les fabriques-raffineries ou en cours de raffinage au moment de la mise en vigueur de la présente loi, acquitteront le droit de 47 francs par 100 kilogrammes, décimes compris.

1216. Mais un tel état de choses n'est pas durable : la nuance, qui aurait dû être écartée de tout temps comme moyen de titrage, a été reconnue ce qu'elle est, un moyen des plus trompeurs. On a compris que l'analyse seule, *malgré ses défauts*, peut servir de guide et donner aux transactions une base solide. Aujourd'hui personne, je crois, n'achète plus que sur analyse. Le rendement n'est pas toujours absolument proportionnel au pourcentage indiqué, mais il s'en écarte beaucoup moins que de celui dont la nuance était la base.

On prend pour point de départ ou pour type le titre saccharimétrique de 88 degrés, et comme la nuance, quoique de valeur secondaire, est cependant un moyen de qualifier deux sucres de même titre saccharimétrique, on convient de prendre celle des 10 à 13 pour achever la définition du type. Depuis près de dix ans, la cote officielle, à Paris, est basée sur ces deux conditions. L'acheteur accorde un boni pour les sucres supérieurs :

1 fr. 25 par chaque degré saccharimétrique au-dessus de 88, jusqu'à 92,
1 franc — — au-dessus de 92.

Par contre, il exige un décompte de 1 fr. 25 par degré en moins de 88.

D'ailleurs, le poids des cendres, calculé comme nous l'avons dit § 427, est la base d'une deuxième réfaction ; on multiplie ce poids par le coefficient 5 (malgré son inexactitude certaine, § 434) et le produit, soustrait du titre saccharimétrique, donne en différence le chiffre présumé du rendement au raffinage. Le coefficient 4, sans

Digitized by Google

être d'une précision rigoureuse, vaudrait certainement mieux pour la justice des transactions.

Les charges qui rendaient l'industrie peu profitable ont été fort aggravées par la guerre de 1870-1871. Le sucre est toujours mis au premier rang de la matière imposable. Deux lois, 9 et 11 juillet 1871, ont augmenté les droits des *trois dixièmes* et créé le tarif suivant :

Au-dessous du n° 13	52 »
13 à 20	54 60
Au-dessus de 20	58 50
Raffinés	64 10
Sucre des mélasses	15 »
Mélasses destinées à la distillerie	18 60

Ce n'était pas assez; le 22 janvier 1872, on élève encore ces impôts déjà si lourds.

Au-dessous du n° 13	63 »
13 à 20	66 »
Au-dessus de 20	67 50
Raffinés	70 50

Soit, en moyenne, environ 10 francs en plus.

L'augmentation ne suffit pas, malgré son énormité. La loi du 30 décembre 1873 frappe à nouveau sur un produit dont le Trésor reçoit une valeur plus grande que le prix de vente; elle élève de 4/100 les chiffres de 1872.

Au-dessous du n° 13	65 52 (63×104/100)
13 à 20	68 64, etc.

De là de nouvelles modifications dans les prix d'achat.

Le degré saccharimétrique entre 88 et 92 est élevé à		1 50
—	au-dessus de 92	1 25
—	au-dessous de 88, diminue de	1 50 (1).

(1) L'impôt et la richesse définis par les lois, ne sont pas, à beaucoup près d'accord. 1 kilogramme de sucre est taxé de :

Francs.			Rendement.
0.978	dans les sucres au-dessous de	7	67
0.819	—	7 à 9	80
0.745	—	10 à 13	88
0.730	—	14 à 18	94
0.715	—	19 à 20	96
0.716	—	1, 2, 3	98
0.733	—	raffinés	100

Digitized by Google

La différence est de 33/100. Personne ne peut la trouver négligeable. Entre autres conséquences fâcheuses est la mauvaise répartition des bénéfices de vente. Un 7-9, acheté au cours de 58 francs (88 degrés), n'est pas vendu plus de 49 francs, s'il titre seulement 82 degrés. Pris dans ce 7-9, le raffiné coûte moins cher que dans une poudre blanche titrant 92 degrés; par exemple,

82 kilogr. tirés de cette poudre reviennent à $82 \times 0.62 = 50\ 84$
82 kilogr. tirés du 7-9 ne coûtent pas plus de..... 49 »

et procurent, avec le bénéfice de 1fr.84, le deuxième bénéfice de 18 kilogrammes de mélasse. Le raffineur est donc intéressé à employer les bas numéros : il leur accorde une prime dont il se couvre par la réduction basée sur le coefficient salin.

Ces diverses raisons avaient porté, dans ces dernières années, la production des 7-9 au chiffre de 136000 tonnes. Les fabricants, pour conserver un fort degré saccharimétrique et ne pas subir de réduction, turbinaient avec soin et faisaient des poudres blanches; mais, pour éviter l'impôt et conserver le boni payé par le raffineur au-dessus de 88 degrés, on ramenait la nuance au 7-9 avec diverses matières colorantes. Le raffineur, de son côté, prenait ces sucres en admission temporaire, acquittait en certificats, et réalisait des excédants considérables avec des titres réels de 95, 96 admis pour 80 seulement. Il pouvait porter du sucre à Londres, à ses frais, et le vendre, malgré cela, *moins cher qu'au bureau*. D'un autre côté, le fabricant reste à sa merci : la prime (illusoire) empêche le raffineur étranger de prendre le sucre brut français trop cher pour permettre la concurrence avec les produits raffinés français dans son propre pays.

La loi internationale de 1864 expirait le 31 juillet 1875. Dans l'intervalle, un grand changement s'était produit on Angleterre; l'impôt sur les sucres avait été supprimé. En Belgique, une prime d'exportation basée sur la nuance (!) donnait aux fabricants l'avantage de toucher, à la sortie, la différence des 7-9 aux 10-13 ou 4fr.10, etc. La Hollande avait édicté des avantages du même genre. A la demande instante d'un grand nombre de fabricants français,

Digitized by Google

l'Assemblée nationale décréta, le 21 mars 1874, une législation nouvelle comprenant l'*exercice des raffineries*, et, par suite, la cessation de l'abus des certificats. Par une erreur qui surprendrait, en d'autre temps, la loi devait être appliquée non le 1er août, mais le 1er juillet 1875, un mois avant la fin des règlements internationaux. Cet accident fit suspendre l'exécution de la loi.

Mais il fallait statuer. Le 29 juillet 1875, l'Assemblée décida le prolongement du statu quo jusqu'au 1er mars 1876, l'exercice à partir de ce jour, et le droit de la régie de classer les sucres d'après l'analyse si la nuance n'était pas en rapport direct avec la richesse réelle. Le rendement serait calculé d'après le coefficient 5 (!!). En outre, l'exercice des raffineries ne pourrait être ordonné si la Belgique et la Hollande ne l'ordonnaient pas en même temps et si l'Angleterre rétablissait des droits sur le sucre.

1217. Cet accord des quatre nations n'eut pas lieu, même au courant de décembre 1875. Il fallut une loi nouvelle; on l'établit le 30 décembre : elle étendait le *statu quo* jusqu'au 1er mai 1876, et sous la réserve de l'adoption par les trois autres peuples des conditions indiquées; l'Assemblée réglementa de nouveau le titrage des sucres comme il suit :

Tableau pour l'admission temporaire des sucres bruts.

Titrage des sucres ou rendement.	Catégorie dans laquelle doivent être classés les sucres quelle que soit leur nuance.	Numéros de classement.	Rendement en raffiné.
Moins de 76 degrés.	Au-dessous de 7	4e	67 kil.
De 76 (inclus) à 85	De 7 à 9	3e	80
De 85 (inclus) à 92	De 10 à 14	2e	88
De 92 (inclus) à 98	De 15 à 18	1er	94
De 98 et au-dessus.	Poudres blanches.	»	97

Payement des droits à la consommation.

Titrage des sucres ou rendement.	Catégorie.	Droits.
Moins de 90 degrés.	Au-dessous de 13.	65 52
De 91 à 98e	De 13 à 20	68 64
98e et au-dessus.	Poudres blanches.	70 20

Digitized by Google

Cette disposition, qualifiée de loi alternative, régit encore l'application des taxes, parce que la Hollande n'a pas admis l'exercice des raffineries. C'est l'analyse qui fixe définitivement la catégorie. Au moment où le sucre sort de la fabrique, la régie et le fabricant forment ensemble un échantillon qu'on divise en trois : le premier tiers est analysé dans le laboratoire de la région; s'il y a contestation de la part du fabricant, le deuxième tiers est envoyé à Paris au laboratoire central, et le ministre adresse le résultat de la nouvelle analyse au chef de service attaché à la fabrique. En cas de nouvelle contestation, le troisième tiers peut être mis entre les mains d'un chimiste.

LOI DU 30 DÉCEMBRE 1875
SUR LE RÉGIME DES SUCRES.

(Insérée au *Journal officiel* du 7 janvier 1876.)

ARTICLE PREMIER.

A partir du 1er mars 1876, les droits sur les sucres livrés à la consommation seront établis ainsi qu'il suit, décimes et demi-décimes compris :

Sucres de toute origine.	Raffinés.	candis en pains, en poudre, tapés, en grains cristallisés suivant type, ou agglomérés.....	73 fr.	50	par 100 kilogr.
	Bruts en poudres blanches et tous autres, vergeoises.....		0	715	
	(Pour chaque degré de richesse absolue.)				
	Mélasses des fabriques, des raffineries et des colonies françaises.....		10	00	
L'impôt intérieur sur les glucoses est porté à....			20	00	

ART. 2.

Sont exonérées de tout droit les glucoses et les mélasses exportées et celles qui sont employées dans la fabrication de produits non alimentaires ou transformées en produits soumis à un impôt.

Un règlement d'administration publique déterminera les conditions auxquelles est subordonnée la franchise accordée par le précédent paragraphe.

ART. 3.

Le régime spécial établi à l'égard des sucres provenant de mélasses traitées par les procédés barytiques et autres est supprimé.

Digitized by Google

ART. 4.

Ne sont considérés comme mélasses que les résidus liquides de la fabrication et du raffinage des sucres.

Sont assimilées aux sucres bruts les matières contenant plus de 53 pour 100 de sucre cristallisable, ou ayant plus de 70 pour 100 de richesse absolue (glucose comprise), et dont la densité, à la température de 15 degrés centigrades, n'est pas au moins de 1383 grammes par litre (40 degrés de l'aréomètre de Baumé).

ART. 5.

Les sucres bruts destinés aux raffineries sont préalablement imposés au minimum, d'après leur rendement présumé au raffinage; ce rendement est calculé conformément aux bases que déterminera un règlement d'administration publique.

La perception est opérée à raison de 73 fr. 50 cent. par 100 kilogrammes de raffiné, soit dans les bureaux de douane, soit dans les bureaux des contributions indirectes, selon l'origine des sucres.

Les sommes ainsi encaissées sont définitivement acquises au Trésor, quel que soit le résultat final du raffinage.

ART. 6.

Les droits acquittés en exécution dn précédent article peuvent faire l'objet de traites cautionnées à deux mois ou à quatre mois d'échéance, aux choix des soumissionnaires.

Le montant des traites à deux mois d'échéance n'est pas passible d'intérêt. Pour les traites à quatre mois, l'intérêt n'est dû que pour deux mois.

La remise spéciale, exigible en vertu de l'article 3 de la loi du 15 février 1875, ne peut dépasser un tiers de franc pour 100 pour les traites a quatre mois, et un sixième de franc pour 100 pour les traites à deux mois.

ART. 7.

A la sortie des raffineries, les droits sur les sucres expédiés à toute destination sont définitivement liquidés d'après le tarif édicté par l'article premier de la présente loi.

Le montant de cette liquidation est imputé jusqu'à due concurrence sur les droits préablement perçus, en exécution de l'article 3, et dont l'expéditeur aura été crédité.

Quand les droits liquidés à la sortie dépassent le compte créditeur, le reliquat est payé au comptant ou garanti par des traites souscrites dans les conditions de la loi du 15 février 1875.

Digitized by Google

Les droits applicables aux mélasses imposables livrées à la consommation sont payés ou garantis de la même manière.

A la sortie des raffineries, les sucres candis donnent lieu à la délivrance de certificats spéciaux, sur la représentation desquels le rendement applicable aux sucres bruts ultérieurement introduits dans les raffineries est atténué d'une quantité égale à 7 pour 100 du poids des sucres mentionnés dans ces certificats.

ART. 8.

Le régime de l'admission temporaire, créé par l'article 5 de la loi du 7 mai 1864, est supprimé.

A l'exportation des sucres raffinés, le service des douanes délivre un certificat de sortie qui en constate la nature, le poids et la richesse saccharine.

Les certificats de sortie n'ayant pas plus de deux mois de date sont admis en compensation, soit dans le payement des droits sur les sucres, soit dans le payement des traites souscrites en vertu de l'article 6, pour une somme équivalente à l'impôt qu'auraient payé les produits exportés s'ils avaient été livrés à la consommation.

ART. 9.

Des règlements d'administration publique déterminent les obligations des fabricants et des raffineurs, et les différentes conditions de l'exercice, suivant qu'il s'agit des raffineries, des fabriques-raffineries, des fabriques de sucre et des établissements dans lesquels on extrait le sucre des mélasses.

Ces règlements fixent le minimum des rendements obligatoires, les conditions et les formalités relatives à l'enlèvement et à la circulation des sucres et des matières sucrées.

Ils déterminent, en outre, les produits qui peuvent être reçus dans les fabriques, dans les raffineries annexées à des fabriques et dans les autres établissements exercés, ceux qui peuvent en être expédiés, ainsi que les caractères distinctifs de ces produits et les procédés à l'aide desquels est constatée la richesse des sucres et des matières sucrées.

Un règlement d'administration publique déterminera également les droits dont il y aura lieu de tenir compte aux raffineurs pour les sucres libérés d'impôt existant dans les raffineries au jour de l'application de l'exercice dans ces usines.

ART. 10.

Toute infraction aux dispositions de la présente loi et aux règlements d'administration publique rendus pour son exécution, toute fausse énonciation dans les déclarations exigées par lesdits règlements donnent lieu à l'application des peines prononcées par l'article 3 de la loi du 30 décembre 1873, sans préjudice des dommages et intérêts qui peuvent être alloués au Trésor.

Est puni des mêmes peines l'emploi de tout procédé ayant pour objet de déguiser la richesse du sucre ou de tromper sur son poids.

Digitized by Google

ART. 11.

Les raffineurs payent le même droit de licence que les fabricants de sucre.

ART. 12.

Toutes les dispositions contraires à la présente loi sont abrogées.

DISPOSITION ALTERNATIVE.

ART. 13.

Dans le cas où la convention sucrière signée à Bruxelles, le 11 août 1875, ne serait pas ratifiée. et tant qu'elle ne sera pas ratifiée, la perception de l'impôt après le 1er mars 1876 continuera à être effectuée conformément à la loi du 29 juillet 1875.

ART. 14.

Ce cas échéant, et toujours à partir du 1er mars 1876, lorsqu'il y aura lieu, conformément à l'article 3 de la loi précitée, de recourir à la saccharimétrie, le classement des sucres s'opérera comme ci-après :

A. *Payement des droits de consommation.*

Sont classés au-dessous du n° 13 de la série des types de Paris, les sucres titrant moins de 91 degrés ;

Du n° 13 inclus au n° 20 inclus, les sucres titrant de 91 degrés à 98 degrés exclusivement;

Parmi les poudres blanches, les sucres titrant 98 degrés ou plus.

B. *Régime de l'admission temporaire.*

La première classe (15 à 18 inclus) comprend les sucres titrant 92 inclus à 98 exclusivement;

La deuxième classe (10 à 14 inclus), les sucres titrant 85 inclus à 92 exclusivement;

La troisième classe (7 à 9 inclus), les sucres titrant 76 inclus à 85 exclusivement;

La quatrième classe (moins 7), les sucres titrant moins de 76 degrés.

ART. 15.

Les soumissions d'admission temporaire relatives aux sucres indigènes d'une nuance supérieure au n° 18 (poudres blanches comprises) pourront être apurées par l'exportation de sucres raffinés en pains, à raison d'un rendement de 97 pour 100.

Digitized by Google

Cette disposition s'applique aux sucres de canne des mêmes qualités importés des pays hors d'Europe.

Délibéré en séance publique, à Versailles, le 30 décembre 1875.

Le Président,
Signé : AUDREN DE KERDREL.

Les Secrétaires,
Signé : FÉLIX VOISIN, T. DUCHATEL, ÉTIENNE LAMY, E. DE CAZENOVE DE PRADINE.

Le Président de la République promulgue la présente loi.

Mal DE MAC MAHON,
DUC DE MAGENTA.

Le Ministre de l'Agriculture et du Commerce,
C. DE MEAUX.

Pour copie conforme :
Le Conseiller d'Etat,
Directeur général des Contributions indirectes,
Signé : P. AUDIBERT.

1218. On voit combien le régime administratif des sucres est variable, et on ne peut s'empêcher d'en ressentir de l'étonnement. Certes, le sujet n'est pas sans grandes complications; mais les difficultés viennent bien plus d'un antagonisme entre les intérêts du fabricant et ceux du raffineur que du sujet lui-même; l'antagonisme pourrait, ce me semble, disparaître assez aisément, soit par une entente, dont les conditions équitables n'ont rien d'impossible; soit par une association des fabricants et le raffinage en commun. Le spectacle d'une agitation législative perpétuelle est à la fois pénible et quelque peu ridicule. On a pu rester pendant sept années, 1864 à 1871, dans un état permanent, ou à bien peu près. Le nombre de plus en plus grand des fabriques, l'accroissement énorme de leur production, malgré l'abaissement notable du prix du sucre, ont montré l'état prospère de cette industrie. Pourquoi tant de changements confus dans ces dernières années? Les fabriques disparaissent : les survivants luttent contre des difficultés assez grandes pour les écraser; la production a diminué de près de moitié. L'agriculture, découragée par le bas prix des betteraves, ne produira plus le blé dans d'aussi bonnes conditions. Il faut remédier à un aussi fâcheux

Digitized by Google

état de choses, très-capable d'influer sur le bien-être général. On ne vit pas avec une menace de changements perpétuels.

Les dangers fiscaux ne sont pas les seuls pour l'avenir de la fabrication indigène.

La production du sucre de canne augmente au dehors, et il s'est établi depuis peu, presque à nos portes, une fabrication colossale dont on commence à sentir le voisinage : l'Égypte est gouvernée par un khédive très-dévoué aux progrès industriels; des fabriques de sucres, installées à ses frais, au nombre de 14, introduisent en Europe l'excédant de la consommation locale, excédant devenu formidable. Depuis 1833, où cette exportation ne dépassait pas 4330 sacs, elle est arrivée, en 1876, à 462 608, et peut s'élever bien davantage. La France a reçu les six dixièmes de cette masse, ou 277 419 sacs, en concurrence au sucre de betterave, plus atteint que le colonial.

De nouveaux débouchés, ou l'élargissement des anciens, doivent être cherchés avec ardeur. Parmi les principaux se place le *sucrage* ou, indirectement, l'*alcoolage* des vins. Lorsque la maturité du raisin demeure incomplète, ce qui a souvent lieu, même dans les régions méridionales, on peut utiliser le sucre de deux manières : ou bien à sucrer le moût pour développer dans sa fermentation tout l'alcool nécessaire, ou encore à faire du vin *raisin sucreux*, en préparant une dissolution aqueuse de sucre, d'une richesse convenable, pour la faire fermenter à l'aide du marc, où les *ferments* se trouvent toujours en assez grande abondance pour pouvoir donner du vin à plusieurs reprises. Nous ne pouvons insister ici sur la qualité de ce *raisin sucreux;* elle est toute spéciale, mais parfaitement acceptable, très-supérieure à celle de beaucoup de vins dits *naturels*, et de nature à servir le commerce le plus honorable (1). Ainsi le sucre peut trouver un double débouché dans la fabrication du vin, et ce débouché serait immense. La production annuelle de la France est, en moyenne, de soixante millions d'hectolitres : en admettant la

(1) Un travail récent de Boussingault se termine par une conclusion peu favorable à ces vins; mais le savant professeur n'a jamais été moins bien inspiré. (*Ann. de chim. et de phys.* [5], VII, 433.)

Digitized by Google

nécessité du sucrage pour un dixième seulement, c'est-à-dire six millions, et dix kilogrammes de sucre par hectolitre (1), on trouve une consommation de soixante millions de kilogrammes. D'ailleurs, le dixième est un minimum, et serait au moins doublé (2). Quelques personnes admettent cinq dixièmes.

Si le gouvernement croit pouvoir accorder le dégrèvement, au moins partiel, du sucre destiné à *perfectionner* les vins, la sucrerie trouverait un allégement très-sensible au malaise de la situation actuelle. Ici donc il faut exposer les conditions nécessaires à l'obtention certaine de cet allégement; les voici.

1219. Le sucrage a été combattu par beaucoup de raisons : la meilleure a été la mauvaise qualité des produits obtenus avec *un sucre* dont le bas prix et la *fausse étymologie* ont séduit et trompé les acheteurs. Ce sucre est le *glucose*, obtenu par la fécule et l'acide sulfurique (§ 165), glucose dont le prix est inférieur à celui du sucre (normal) et qu'on a confondu avec le *sucre* de raisin, bien à tort, puisqu'il est un mélange de glucose, dextrine, etc. Les vins, dont on a essayé l'amélioration avec ce produit, ont subi l'action toute contraire, une véritable détérioration, ce qui était inévitable, la dextrine et les autres parties du *non-glucose* ne pouvant donner d'alcool et restant dans le vin avec leur poids, leur mauvais goût et leurs défauts destructeurs.

1220. Ce qu'il fallait faire, c'était d'ajouter au moût, ou au vin, du *sucre de raisin véritable*, soit naturel, soit artificiel. Le moût d'une année précédente, traité comme nous l'avons dit (§ 141), est devenu du sucre de raisin *naturel* dont l'usage est certainement irréprochable. On peut, d'un autre côté, préparer du sucre de raisin *artificiel* par l'inversion *méthodique* du sucre normal (§ 140). Ce sucre artificiel donne d'excellents résultats, et c'est en réalité celui qu'il faut employer; car le sucre naturel, provenant d'un moût évaporé, n'est

(1) Il faut 1^{kgr}.54 en pratique, d'après mes expériences, pour obtenir 1 litre d'alcool absolu; Dubrunfaut admet 1^{kgr}.70.

(2) En 1875, 41 846 748 hectolitres; en 1876, 83 836 391 hectolitres.

Digitized by Google

vraiment bon que dans une bonne année, où il est bien préférable de le changer immédiatement en vin (1).

Les fabricants peuvent opérer la transformation du sucre normal en sucre de raisin à très-peu de frais et s'ouvrir le débouché considérable dont nous parlons, où ils ne subiront aucune pression fâcheuse. Le sucre de raisin est un glucose sur lequel on ne paye pas de droits élevés. Même avec le maintien de ces droits (ils pourraient être diminués pour l'alcoolage, vinage, sucrage), le prix de vente ne laisserait à craindre aucune concurrence des raffinés. C'est un avenir dont les fabricants sont maîtres par les bons soins qu'ils peuvent donner à cette fabrication. Le sucre normal, le plus pur, ne vaut pas le sucre inverti pour le sucrage ou alcoolage des vins. Nous l'avons établi par de nombreuses expériences dans le laboratoire et dans plusieurs applications sur une grande échelle. C'est donc le sucre inverti qu'il faut préparer et livrer aux négociants en vins. On a vu plus haut (§ 1078) combien cette préparation est facile. Les principaux détails en ont été donnés et l'expérience les a justifiés chaque jour, entre mes mains, depuis plusieurs années. Je puis recommander cet emploi sans la moindre hésitation, non-seulement aux fabricants, mais à toutes les personnes qui peuvent faire usage du sucre inverti : pour l'alcoolisage, la fabrication d'un grand nombre de produits où le *sucre semblable* au *sucre de fruits* (glucose, etc.), peut être utilement mis à la place du sucre normal.

(1) Voy. mon *Traité du travail des vins*, 2e édit., p. 347.

Digitized by Google

CHAPITRE XIX

FABRICATION DES POTASSES

1221. Les vinasses extraites des appareils de distillation contiennent presque uniquement des sels, mêlés d'une quantité, relativement assez faible, de matières organiques, presque toutes azotées. Il s'y trouve souvent un peu de la variété de chylariose inactive dans les saccharimètres, inactive avec les liqueurs cuivro-alcalines, inactive avec les agents de fermentation. Outre cette substance non-azotée se trouvent des métapectates et parapectates alcalins, des acétates, lactates, etc.; sels dont les acides ne renferment pas non plus d'azote. A cette série s'en joint une autre, celle des matières azotées : asparagine, bétaïne et probablement des dérivés de l'albumine plus ou moins fortement acides et combinés à la potasse, la soude, l'ammoniaque; enfin, et pour la plus grande partie, des sels minéraux, sulfates, azotates, chlorures, etc., etc.

Si l'on considère la teneur moyenne des betteraves en matières salines 1/100, qui correspondent, avant toute calcination, plutôt à 4/100 à cause de l'équivalent élevé des substances organiques, on peut aisément mesurer, *à priori*, la quantité de sels contenus dans les vinasses.

1000 kilogrammes de betteraves rendent à peu près 50 de sucre et 30 de mélasse. Tandis que le sucre contient 2/100 environ de *cendres;* la mélasse en renferme 25 à 30. On a donc :

50	kilogrammes	de sucre à 2/100.....	1 kilogramme
30	—	de mélasse à 30/100...	9 —
1000	—	de betterave à 1/100..	10 kilogrammes

abstraction faite des pertes pendant le travail.

Digitized by Google

1000 kilogrammes de betteraves peuvent laisser 9 kilogrammes de sels dans les vinasses; on en trouve 7,5 à 8, c'est-à-dire un poids presque égal à celui du sucre et de la mélasse réunis. Il s'en faut de beaucoup que cette énorme masse de sels soit extraite; mais, même très-réduite, elle est la base d'une industrie considérable.

1222. Dubrunfaut a créé cette industrie en 1844. Frappé de la richesse des vinasses qui donnent de 8 à 12/100 en salin brut, composé, comme le montrait l'analyse, de :

Carbonate de potasse	35
— de soude	16
Sulfate de potasse	5
Chlorure de potassium	17
Matières insolubles	27
	100

Ce savant industriel commença l'extraction en grand du carbonate de potasse, qui a pris depuis une si grande extension. Aujourd'hui cette fabrication est faite en trois parties : 1° évaporation des vinasses; 2° calcination du produit; 3° affinage du salin. Les deux premières sont exécutées dans le même appareil.

1223. *Évaporation et calcination.* — Les vinasses, à la sortie des alambics ont une densité de 3 degrés (densimétriques); elles renferment des acides libres, dont nous avons expliqué l'origine §§ 18 et 145; on sature ces acides avec les eaux faibles obtenues dans lavage du résidu insoluble des salins traités précédemment, et l'on fait évaporer les dissolutions neutres dans des chaudières placées au-dessus du four de calcination, afin d'utiliser la chaleur presque totale de ce four. On établit ces chaudières en *château d'eau*, c'est-à-dire en contre-bas les unes des autres, pour laisser déverser le liquide de la première dans la seconde et ainsi de suite; la dernière étant la plus rapprochée du foyer de calcination et supportant la plus grande chaleur, parce qu'elle renferme le liquide de plus grande densité. On ne porte pas cette densité d'abord à plus de 20 ou 21 degrés (densimétriques), pour éviter la formation de

Digitized by Google

dépôts qui mettraient promptement les chaudières hors de service; on fait couler le liquide dans des cristallisoirs où le dépôt se forme avec beaucoup moins d'adhérence et où on peut reprendre l'eau-mère pour achever l'opération, non plus dans des chaudières où un dépôt nouveau se formerait avec des suites encore plus désastreuses, mais dans le four de calcination lui-même.

Le dépôt formé dans les cristallisoirs est en grande partie composé de sulfate calcaire; si l'on passait la densité 21 degrés (1210), ce sulfate resterait uni avec des proportions notables de sulfate potassique, comme l'ont montré récemment des expériences de Ditte (1).

1224. On a fait varier la forme des fours destinés à achever cette évaporation et à calciner les résidus. Pendant longtemps on a fait usage du four employé par Dubrunfaut. C'était un four à réverbère, dont la sole était divisée en deux parties : la première (dans l'ordre du travail) était la plus éloignée du foyer, la plus large, et correspondait à la partie la plus surbaissée de la voûte; la deuxième, contiguë au foyer, pouvant par suite atteindre aisément la chaleur rouge correspondait à la partie élevée de la voûte. Un réservoir en tôle placé sur le four recevait les eaux-mères surnageant le dépôt de sulfate de chaux des cristallisoirs et servait en même temps à réchauffer ces eaux et à les verser par une vanne et un tube de fonte au travers de la voûte (ou des parois du fourneau), sur la première sole, où l'évaporation ne tarde pas à être terminée. Quand la pâte saline à pris une consistance suffisante, l'ouvrier introduit un ringard par l'un des soupiraux disposés à l'extrémité du four opposée au foyer et pousse le salin charbonneux par-dessus le premier *autel* dans la deuxième cuve; bientôt ce salin arrive à la chaleur rouge et peut être extrait par des portes latérales, pour être conduit aux ateliers de lessivage.

1225. Un des fours dont les bonnes dispositions ont été généralement appréciées et le plus répandu jusqu'à présent était celui de

(1) *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 86.

Digitized by Google

E. Porion, l'un de nos distillateurs les plus distingués. Ce four est construit d'après le principe de l'emploi de la chaleur de calcination à l'évaporation des vinasses. La construction en est simple. Le four est partagé en deux parties : le *four* proprement dit ou plutôt les fours, car il en existe six ou huit dans le même massif et le *carneau d'évaporation*.

Chacun des fours placés dans le massif le plus éloigné de la cheminée reçoit peu à peu, le plus régulièrement possible, une quantité de vinasse concentrée d'abord dans le carneau, puis dans une chaudière établie sur le massif des fours. La vinasse concentrée descend de cette chaudière directement dans les fours par des tubes de fonte munis de soupapes. Un foyer situé à l'extrémité du massif porte les fours à la température rouge et permet de conduire la calcination jusqu'à la disparition complète de toute matière organique et même du charbon. Les fumées passent dans le deuxième massif où est disposé le carneau d'évaporation. C'est une vaste chambre où sont installés deux évaporateurs composés chacun par un assemblage de palettes fixées sur un arbre horizontal, creux, mis en mouvement par une machine à vapeur et les transmissions nécessaires. La vinasse des colonnes distillatoires, amenée d'abord dans un bac logé sur le massif du carneau, y est notablement échauffée avant de descendre par un tube jusque dans le carneau; tombant sur les palettes animées d'une rotation plus ou moins rapide, elles sont projetées de toutes parts en gouttelettes au travers d'un air chaud qui leur enlève beaucoup d'eau, en vapeur pure, et s'échappe avec cette vapeur dans la cheminée. La vinasse est concentrée de 3 ou 4 degrés (densimétriques), à 35 ou 40 degrés. Elle forme en bas du carneau une couche où une pompe rotative puise régulièrement pour la conduire dans la chaudière au-dessus des fours. Ces dispositions permettent une économie de charbon notable : 1 kilogramme de houille suffit pour évaporer 13 kilogrammes d'eau, à peu près une fois et demie ce qu'il évapore dans les meilleurs générateurs.

Un four suffisant pour le travail de 10 000 kilogrammes de mélasse en vingt-quatre heures ne coûte pas plus de 6000 francs, tout

Digitized by Google

compris, fours et carneau. La consommation de houille ne dépasse pas 150 francs par jour.

Le salin obtenu dans un état d'homogénéité suffisante par une agitation manuelle continue dans chaque four est tiré encore chaud, demi-fondu, au moyen de ringards en fer et mis en tas dans l'atelier jusqu'à refroidissement presque complet. L'air achève à peu près complétement d'en brûler le carbone et d'oxyder les sulfures produits pendant la calcination par l'action du carbone et des sulfates. C'est un des principaux embarras de la fabrication, cette formation de sulfures, et il est utile de faire disparaître des produits aussi nuisibles, à presque tous les emplois ultérieurs, en les réoxydant et les ramenant à l'état de sulfates. On y parvient, mais très-difficilement.

1226. Je ne donnerai pas le dessin du four Porion, parce qu'un nouveau four, encore plus avantageux, a été imaginé récemment par mon élève et ami Werotte, de Liége (Belgique). Voici le dessin de ce four, où l'on trouvera tous les bons côtés du four Porion, augmentés d'une disposition ingénieuse et excellente, pour remédier au défaut grave de l'entraînement des composés volatils, des chlorures surtout, qui, en présence des vapeurs d'eau à la chaleur rouge, corrodent les briques et détruisent en peu de temps les parties du fourneau dont la réparation est la plus coûteuse.

Dans le four Werotte, dont la figure 246 ne représente que la partie nouvelle et en même temps principale, on traite les eaux-mères du réservoir M en les faisant tomber par le tube M O dans la cuve en briques R; elles y sont évaporées par le courant d'air chaud, dont l'aspirateur V est la cause puissante; les flammes et fumées du foyer seraient arrêtées complétement sur la cloison de briques R, dont le pied baigne dans le liquide; une aspiration, capable de vaincre l'obstacle que quelques centimètres d'eau saline lui opposent, est donc nécessaire. La sole d'incinération (non représentée) est placée à gauche du foyer A sous une voûte surbaissée, à l'extrémité de laquelle est placé le foyer principal. A est relativement très-

Digitized by Google

petit (plus petit que dans le dessin, où j'ai voulu surtout montrer la partie dont l'application est la plus générale); son office est borné à brûler les flammes produites par l'incinération des salins et le combustible du grand foyer. Toutes les cendres, en grande partie rabattues dans la première chambre I, sont absolument retenues

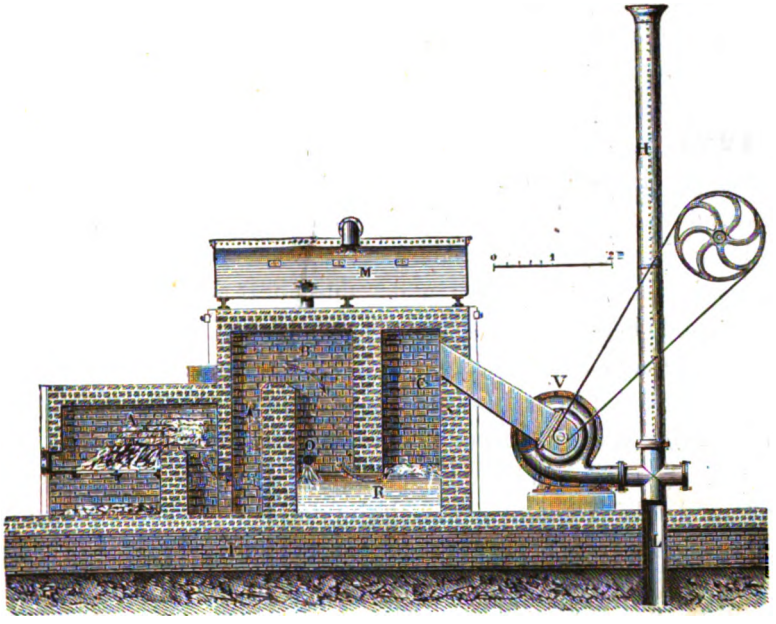


FIG. 246.

par la dissolution saline en B R C; les gaz permanents seuls parviennent à l'aspirateur avec la vapeur aqueuse; celle-ci est condensée en une eau dont l'évacuation a lieu par le tube L, dans un bac, ou un puits absorbant; les gaz sont rejetés dans l'air par la cheminée H.

Les avantages de ce système sont bien évidents : les briques ne sont plus corrodées aux parties vulnérables du four. Les produits de condensation des vapeurs de tous les volatils, chlorures, etc., ne sont plus perdus; on peut les recueillir dans la première chambre et ils sont loin de n'avoir aucune valeur; ce qui échappe est arrêté dans le liquide R et ne laisse aucune perte. La combustion dans les

Digitized by Google

foyers a lieu sous une pression de 6 à 8 centimètres d'eau, *absolument constante*, et, par conséquent, en d'excellentes conditions. Ces avantages ne sont pas notablement réduits par la dépense de l'aspirateur. L'achat n'en est pas très-coûteux, le fonctionnement pas davantage; il n'exige pas de réparation, sa température ne montant pas à plus de + 75 degrés. On peut le remplacer par un injecteur ou une trompe qui condenserait puissamment les vapeurs d'eau (1).

1227. Au lieu de brûler la vinasse dans un four, comme nous venons de l'indiquer, on pourrait la distiller en vase clos et en tirer des produits utiles. Cette distillation donne beaucoup d'ammoniaque et de combinaisons fétides renfermant des ammoniaques composées; parmi ces combinaisons existent des substances alcooliques. Le produit brut de la distillation se partage, comme toujours, en deux parties : l'une aqueuse, surnageante, de couleur jaune brunâtre, marquant de 3 à 4 degrés (densimétriques), l'autre goudronneuse plus lourde. 100 kilog. de mélasse donnent en moyenne 20 à 23 kilog. de vinasse à 33 degrés (densimétriques) et 10 à 11 de liquide aqueux distillé. Ce liquide très-alcalin dégage, par les acides puissants, de l'acide carbonique, de l'acide sulfhydrique, de l'acide cyanhydrique, et laisse un sel ammoniacal de l'acide puissant employé. La dissolution de ce sel faite avec un léger excès de l'acide puissant donne, par évaporation dans une cornue, un peu d'acide cyanhydrique et des produits alcooliques et méthyliques d'une odeur infecte : ce sont des éthers sulfhydriques et cyanhydriques mélangés d'alcools; plus tard passe un liquide très-acide donnant avec le carbonate de soude une solution presque incolore, dont l'évaporation laisse un résidu cristallin déliquescent, plus ou moins coloré. C'est un mélange de sels de soude à acides de la série $C^{2n}H^{2n}O^4$, monédique (formique), diédique (acétique), etc.

(1) Beaucoup d'applications utiles peuvent être faites du système Werotte; c'est évidemment un excellent moyen d'éviter les fumées noires dans les villes, d'arrêter les vapeurs dangereuses de certaines industries, par exemple les fours à zinc, plomb, cobalt, vermillon, etc. — Un grand nombre sont déjà établies.

Digitized by Google

La partie goudronneuse donne, à la distillation, des sels ammoniacaux, surtout du carbonate et du sulfhydrate, et des produits huileux de D < I. Comme dans toutes les distillations de ce genre, les produits huileux sont en partie solubles dans les acides chlorhydrique ou sulfurique : cette partie est un mélange d'alcaloïdes volatils très-analogue à celui qu'on obtient dans la distillation du suintate brut de potasse. La partie insoluble dans les acides est en partie soluble dans la potasse caustique, comme d'ordinaire, et la solution traitée par un léger excès d'acide chlorhydrique donne un corps huileux renfermant de l'acide hexafébique (phénique). Enfin la partie des produits huileux, insolubles à la fois dans les acides et les alcalis caustiques, paraît formée de plusieurs hydrocarbures d'un équivalent élevé.

Les gaz produits par la distillation des résidus de vinasses m'ont donné presque les mêmes résultats que ceux du suintate brut, en fractionnant par quart :

	1er quart.	2e quart.	3e quart.	4e quart.
Acide carbonique	54cc	36cc	20cc	8cc
Oxyde de carbone	26	9	4	1.5
Monhydrobène (hydrogène protocarboné).	2	4.5	11	14.5
Hydrogène	18	5	65	76
	100	100	100	100

1228. Au moment où j'allais publier cette étude, C. Vincent a montré le parti, très-utile, obtenu de la calcination des masses salines en vases clos. Cette partie de la fabrication subit un grand changement; on obtient tout le salin à l'état charbonneux, sans aucune perte, et les produits volatils contenant une quantité notable de matières utiles donnent un bénéfice très-sérieux (1).

Le principal résultat de cette étude est celui-ci : les éthers et alcools distillés de la partie aqueuse, saturée par un léger excès d'acide sulfurique, sont uniquement monéniques (ou méthyliques). La vinasse provenant de 100 kilogrammes de mélasse donnerait 1lit.,4 d'alcool monénique (esprit de bois) à 90 degrés, rendement supérieur à celui de la carbonisation du bois. — Sur tous les autres

(1) *Comptes rendus*, LXXXIV, 214.

Digitized by Google

points, l'accord avec mes résultats est encore plus grand; les acides volatils tirés de la même distillation ont été changés en éthers dont la distillation a donné :

1°	de 55°	à 58°	éther monédique	(formique).
2°	— 74°	à 77°	— diédique	(acétique).
3°	— 95°	à 98°	— triédique	(propionique).
4°	— 114°	à 119°	— tétrédique	(butyrique).
5°	— 133°	à 136°	— pentédique	(valérianique).
6°	— 162°	à 165°	— hexédique	(caproïque).

Le résidu de sulfate d'ammoniaque laissé par la même liqueur contient, outre les 2 kilogrammes de ce sulfate (par 100 de mélasse), environ 1 kil.,87 d'eau mère à 33 degrés (densimétriques) presque uniquement formée de sulfate de triénammoniaque (triméthylamine).

Les alcalis tirés du goudron par la potasse bouillent de 110 à 260 degrés. — La portion huileuse, insoluble dans les acides et les alcalis, ne contient ni hexafène (benzine), ni heptafène (toluène).

Les gaz ont été trouvés :

CO^2	46.18
CO	11.73
C^2H^4	8.17
H	33.92
	100.00

1229. La purification de ces salins demande une suite d'opérations assez longue. En thèse générale, tout consiste à les dissoudre dans l'eau, pour séparer les parties insolubles, terreuses et salines, mais ne contenant ni potasse ni soude; à évaporer les dissolutions jusqu'aux densités où elles peuvent, en refroidissant, laisser déposer un ou plusieurs des sels dont l'acide n'est pas l'acide carbonique et, lorsque ces dépôts ne laissent, dans les liqueurs, rien ou à peu près rien de plus que les deux carbonates, à achever l'évaporation pour obtenir ces sels dans leur état solide et anhydre.

La dissolution première n'exige pas plus de 10 à 15 parties d'eau; même sans chauffer, la masse presque entière se dissout en laissant une boue noire ou grisâtre, suivant la proportion de carbone em-

Digitized by Google

prisonné dans les autres parties insolubles et dont la combustion n'a pu avoir lieu. Cette boue, plus ou moins gélatineuse, est un mélange très-complexe de silicates d'alumine, magnésie, chaux, soude et potasse, silice gélatineuse provenant des silicates de potasse et de soude décomposés, au moins partiellement, au moment même et par l'effet de la dissolution dans l'eau; phosphates de chaux, magnésie, alumine; chaux, oxysulfure de calcium, sulfate de chaux; aluminates de chaux et de magnésie; alumine libre, oxyde de fer, etc. Tous ces corps pourraient être lavés promptement, n'était la difficulté de dissoudre les silicates alcalins solubles, qui résistent par eux-mêmes et, surtout, par l'influence des silicates insolubles, avec lesquels ils sont plus ou moins intimement combinés. De nombreux lavages à l'eau chaude sont nécessaires pour les arracher complétement à ces associations et on n'y parviendrait pas économiquement sans le système de lavage dit méthodique, exposé déjà § 762. Une fois lavés, ces dépôts peuvent être considérés comme des engrais phosphatés, dont la valeur est assez grande aux yeux de ceux qui la croient proportionnelle à l'acide phosphorique.

Les dissolutions salines, de leur côté, contiennent des sels nombreux : carbonates de potasse et de soude, sulfates des mêmes bases, phosphates, silicates, silico-aluminates, chlorures, sulfures, cyanures, sulfocyanures. On dirige le travail de ces dissolutions vers un but principal, la fabrication du carbonate de potasse pur, sel alcalin précieux dans un assez grand nombre d'industries et d'une valeur six fois supérieure à celle du carbonate de soude.

Un premier soin doit être pris : réunir les salins où la potasse domine et traiter à part ceux dont la soude est la base dominante. L'excès de chacune ne doit pas être entendu seulement pour les poids, mais pour les équivalents chimiques. Il ne faut pas oublier que l'équivalent du premier carbonate est 69 et celui du second 53. A équivalents égaux, 1 kilogramme de carbonate de potasse correspond à 0,768 de carbonate de soude.

Digitized by Google

1230. Les salins présentent des variations dont on aura l'idée dans le tableau suivant :

	Puy-de-Dôme.	Aisne.	Nord.	Nord.	Pas-de-Calais.	Somme.	Très-divers.
Carbon. de potasse.	55.82	45.30	30.37	35.00	29.33	24.16	21.62
— de soude..	5.54	13.86	21.49	16.00	16.38	23.07	26.71
Sulfate de potasse.	17.59	8.00	10.91	5.00	4.48	9.32	8.00
— de soude..	»	»	»	»	»	»	»
Chlor. de potassium	8.85	17.02	19.31	17.00	22.40	28.03	25.66
— de sodium..	»	»	»	»	»	»	»
Mat. insolubles..							17.05
Eau.....	12.20	15.82	17.92	27.00	27.41	15.42	0.90
Perte.....							0.06
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Rappelons les résultats déjà cités § 616 et 619. Nous avons dit que les cendres renferment :

	DEHÉRAIN.	CORENWINDER.		
	Grignon.	Nevers.	Dunkerque.	Saint-Omer.
Carbonate de potasse.....	50.895	54.428	7.714	»
— de soude.....	5.765	4.031	39.644	34.456

J'ajouterai quelques-unes de mes analyses :

	Nord.	Aisne.	Pas-de-Calais.	Marne.
Carbonate de potasse.....	34.62	51.23	4.22	32.71
— de soude.....	25.17	8.12	40.39	24.18

Le premier renferme 7.72 équivalents $KO.CO^2$ pour 1 $NaO.CO^2$.

Le dernier renferme 0.95 équivalents $KO.CO^2$ pour 1 $NaO.CO^2$.

Il est facile de préparer du carbonate de potasse presque pur avec le premier; il est presque impossible d'en obtenir avec le second.

Les dissolutions riches en carbonate de potasse sont évaporées à feu nu dans des chaudières peu profondes, à fond cannelé, pour offrir plus de surface au feu. Presque tout le sulfate de potasse est précipité en petits cristaux grenus pendant la première évaporation.

Lorsqu'elles ont atteint 38 degrés (densimétriques) on les verse

Digitized by Google

dans des cristallisoirs tronconiques (ouverts par la grande base) où le refroidissement fait déposer à son tour la plus grande partie du chlorure de potassium. Après un délaissement de plusieurs jours, suivant la masse des liquides, on reprend la dissolution surnageante et on l'évapore de nouveau dans les chaudières; on porte la densité à 50 degrés, point vers lequel se séparent des croûtes de carbonate de soude, moins soluble que le carbonate de potasse. Refroidies une deuxième fois, les liqueurs donnent un nouveau dépôt de carbonate de soude, mais en combinaison avec le carbonate de potasse, composé dont Margueritte a donné la formule :

$$KO.CO^2(NaO.CO^2)^2(HO)^{18}.$$

Ce sont des cristaux incolores, pouvant acquérir de grandes dimensions et dont l'industrie devrait adopter la vente, parce que la forme cristalline serait une garantie naturelle du vrai titre. Ce composé renferme 48/100 d'eau, malheureusement, à ce point de vue.

Après un dépôt ménagé pendant plusieurs jours, l'eau-mère contient peu de carbonate de soude; mais elle en retient obstinément une proportion sensible, trois à six centièmes du poids de la matière saline desséchée. On achève son évaporation et l'on obtient le carbonate de potasse presque pur, connu sous le nom de *potasse indigène raffinée*.

C'est le produit le plus pur après la potasse de suint, dont la pureté, relative à la soude, peut être absolue (1).

(1) La *sécrétion* cutanée des moutons paraît due à une élection chimique des plus remarquables; les sels de potasse pure semblent uniquement capables de l'alimenter, à l'exclusion absolue des sels de soude. Un fait aussi considérable n'a pas manqué d'attirer l'attention des physiologistes les plus distingués. On me permettra donc d'y insister : rien de semblable ne peut avoir et n'a lieu dans la *nutrition* des betteraves ou des autres végétaux saccharifères.

Digitized by Google

1231. Voici les analyses comparées de ces deux corps :

	Potasse de suint (Maumené et Rogelet).	Potasse indigène raffinée.
Carbonate de potasse.....	97.27	90.36
— de soude.....	0.54	3.18
Sulfate de potasse.....	0.17	0.21
Phosphate de potasse $(KO)^3$.....	0.26	2.31
Chlorure de potassium.....	0.88	1.76
Silicate et aluminate de potasse.....	0.61	1.82
Humidité.....	0.27	0.36
	100.00	100.00

J'ai fait ces analyses avec de grands soins. On a contesté l'exactitude, surtout relative à l'absence de la soude; mais on a choisi, pour me l'opposer, de la potasse de suint obtenu des moutons nourris et *conservés* dans un milieu riche en chlorure de sodium.

1232. Tout naturellement cette purification ne peut être obtenue sans augmentation des impuretés dans les masses restantes. Aussi les potasses indigènes présentent-elles forcément la composition dont les analyses suivantes donneront l'idée :

	1849.	1851.	1859.	1867.	1874.
Carbonate de potasse.....	51.94	56.78	48.42	49.85	49.42
— de soude.....	20.33	14.53	23.17	22.79	25.35
Sulfate de potasse.....	1.18	2.72	0.96	1.92	2.01
Chlorure de potassium.....	16.31	18.81	11.51	17.23	15.84
Phosphate de potasse..... Silicate et alumin. de potasse.	7.67	2.64	13.58	5.17	3.87
Humidité.....	2.57	4.52	2.36	3.04	3.51
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

1233. Une amélioration très-notable des potasses de betterave paraît avoir été obtenue dans ces dernières années par deux distillateurs habiles, Camichel et Henriot, dans leur distillerie de Saint-Clair de la Tour-du-Pin. C'est le remplacement de l'acide sulfurique, nécessaire à la fermentation des mélasses (§ 1154), par une matière aussi avantageuse à la bonne fermentation et ne donnant

Digitized by Google

pas de sulfate. La matière est tout simplement de l'extrait de châtaignier. Au lieu de 1,5/100 d'acide, pour 100 kilogrammes de mélasse, Camichel et Henriot affirment qu'on obtient d'aussi bons résultats en employant 0,25 d'acide sulfurique seulement, et l'*équivalent* de $\frac{1,25}{1,50}$ d'acide en extrait de châtaignier.

Cet équivalent est un poids égal. Au lieu de 100 kilogrammes d'acide, on emploie 100 kilogrammes d'extrait.

Le bénéfice serait le suivant, pour 10000 kilogrammes de mélasse :

En supprimant 1,25 d'acide par 100 kilogrammes de mélasse ou 125 kilogrammes par jour, on trouve le sulfate de potasse correspondant conservé en carbonate de potasse. On a :

176 kilogrammes de carbonate à 70 francs	123,20

au lieu de :

222 kilogrammes de sulfate à 15 francs.....	33,30
Soit un bénéfice de.....	89,90

dont il faut déduire :

125 kilogrammes d'extrait de châtaignier, plus-value..	23.75
Droit de brevet sur 28 hectolitres d'alcool, 30 centimes.	8.40
	32.15

ce qui donne :

Bénéfice brut.....	89.90
Déduction.....	32.15
Bénéfice net.....	57.75

C'est un peu plus de *trois francs par hectolitre d'alcool.* Il faut d'ailleurs tenir compte de l'augmentation de qualité des potasses.

Digitized by Google

lage du gaz dans le cylindre, pendant le travail, afin d'entretenir une pression sensiblement constante.

Les écumes s'élèvent, en pareil cas, à un poids plus que double de celui du sucre en grains obtenu; voici des nombres :

	1874-1875	1875-1876	1876-1877
Total des betteraves..	24.630.000 kil.	24.980.000 kil.	18.840.000 kil.
Sucre en sacs.....	1.310.800	1.254.300	942.700
Écumes.....	2.992.000	2.998.000	1.989.000

Les écumes sont composées, en moyenne, de :

Carbonate de chaux.....	30.0	
Sucre dans le jus.....	3.5	
Sucre inverti réducteur.....	0.5	
Matières organiques.....	27.0	— (0.5 azote).
Matières minérales.....	4.0	
Humidité.....	35.0	
	100.0	

La quantité de sucre paraît assez grande pour mériter l'extraction, soit directe, soit en alcool par fermentation. Mais en réalité cette extraction serait très-peu profitable, si elle l'était; on ne peut songer à l'extraction directe : elle aurait été faite depuis longtemps, dans les filtres mêmes, si un simple lavage à l'eau pouvait donner tout le sucre et un sucre bon pour la vente. — On doit donc examiner encore la question de fermentation.

Lorsqu'on essaye de faire fermenter les écumes délayées dans de l'eau, on obtient le résultat connu depuis longtemps, d'après les expériences de Boutron et Frémy, c'est-à-dire la fermentation lactique, butyrique, etc., un peu de fermentation alcoolique, mais en somme rien de bien acceptable. 1000 kilogrammes d'écume ne donnent pas plus de 12 à 15 litres d'alcool à 80 degrés dans les meilleures conditions, et cet alcool est de très-mauvais goût. — On peut toutefois produire une bonne fermentation, obtenir presque tout l'alcool correspondant au sucre et d'un très-mauvais goût; mais c'est au prix d'une dépense considérable. Il faut transformer le carbonate calcaire en sulfate par l'acide sulfurique, surtout afin

Digitized by Google

de décomposer le glucosate calcaire (ou chylariosate, etc.) bien complétement : mettre un léger excès d'acide et soumettre la masse à des lavages méthodiques pour bien extraire le sucre et l'obtenir à un état de concentration convenable. Il faut des vases spéciaux, du grès ou du verre, pour opérer avec le liquide acide sans faire perdre les conditions nécessaires (absence de sels métalliques, etc.). L'eau sucrée acide, ainsi obtenue, peut fermenter aisément et donner un alcool de bon goût. 1000 kilogrammes d'écumes donnent jusqu'à 30 litres d'alcool à 95 degrés. D'après le calcul, on pourrait en obtenir jusqu'à 33,6. — Mais la dépense est grande et ne serait pas couverte, même par ce rendement.

Les écumes sont vendues de 3 à 6 francs les 1000 kilogrammes, suivant les localités. Aux yeux des personnes qui mesurent la valeur d'un engrais par l'azote qu'il contient, elles valent davantage : 0;5 d'azote pour 100, ou 5 kilogrammes par 1000, vaudraient $5 \times 2{,}50$, ou 12 fr. 50 (1er décembre 1876). Je souhaite aux fabricants la généralisation de cette croyance.

Digitized by Google

NOTE B

SUR LE COEFFICIENT MÉLASSIMÉTRIQUE (1)

Un argument décisif contre le coefficient 5 a été donné par Melsens dans le travail dont j'ai parlé, § 1059. Si les sels étaient la cause unique de la formation de la mélasse, en évaporant 40 litres de jus, brûlant le résidu et ajoutant les sels ainsi obtenus à 10 litres de jus, ceux-ci ne devraient pas fournir de sucre cristallisé. Or, il est facile de s'assurer que les sels de la betterave n'ont pas une telle influence (2).

Une analyse de Corenwinder vient de montrer tout récemment l'absurdité du coefficient. Un sucre d'une fabrication régulière, dans laquelle on n'avait utilisé, comme agents chimiques, que de la chaux, de l'acide carbonique et du noir animal, donna par l'analyse :

Sucre normal	81.25
Azotate de potasse	15.07
Chlorure de sodium	0.25
Sulfate de potasse	0.22
Eau	3.46
	100.25

L'azotate de potasse provient de l'action des engrais chimiques. C'est l'azotate de soude de ces mélanges qui le donne avec les sels de potasse de la betterave ou du sol, par une double décomposition. Cet azotate de potasse n'est pas mélassigène (§ 237), il cristallise avec le sucre, non pas comme le chlorure de sodium (§ 82), mais seul, à part, en prismes hexagonaux ordinaires. Il donne un titre salin

(1) *Journ. des fabr. de sucre*, 4 juillet 1877.
(2) *Ann. de chim. et de phys.* [3], XXVII, 296.

Digitized by Google

assez exagéré pour rendre le sucre absolument invendable. En effet, traité par la méthode du § 430, le sucre azotaté donne :

Sucre normal	81.25
Cendres sulfatées	13.38
Reste du non-sucre	1.91
Eau	3.46
	100.00

« Calculant, d'après ces chiffres », écrit Corenwinder, « la valeur vénale de ce sucre, en raison des conditions imposées aux fabricants, on arrive à ce résultat étrange, que si le marché était exécuté à la lettre, l'acheteur aurait le droit, non-seulement de se faire livrer la marchandise gratis, mais encore d'exiger une indemnité pour *défaut de qualité*.

» En effet, d'après ces conditions, il est d'usage de déduire de la quantité de sucre absolu, observé par le saccharimètre, cinq fois le poids trouvé de cendres sulfatées, parce qu'on admet arbitrairement que ces cendres immobilisent cinq fois leur poids en sucre cristallisable. Ce calcul donne :

$$81.25 - (13.38 \times 5) \text{ ou } - 66.90 = 14.35.$$

» D'après cette hypothèse absurde, la denrée examinée ne contiendrait donc que 14,35 pour 100 de sucre extractible au raffinage.

» Or, les marchés ont lieu sur la base de 88 degrés de sucre extractible et tous les degrés au-dessous sont diminués du prix de vente, à raison de 1 fr. 50 c. par degré manquant.

» Les degrés à diminuer sont donc :

$$80^{\circ} - 14^{\circ}.35 = 73^{\circ}.65.$$

» C'est-à-dire que si le prix convenu du marché conclu d'avance est, par exemple, de 66 francs les 100 kilogrammes, il faut pour avoir la valeur réelle du sucre, au moment de la livraison, faire le calcul suivant :

$$\text{Fr. } 66 - (73.65 \times 1 \text{ fr. } 50 \text{ ou } 110 \text{ fr. } 47) = -44 \text{ fr. } 47.$$

» Le vendeur donnerait donc, non-seulement sa marchandise

Digitized by Google

pour rien, mais il devrait encore bonifier à son acheteur 44 fr. 47 par 100 kilogrammes.

» Cette preuve par l'absurde démontre que les conditions de vente imposées aux détenteurs de sucre sont contraires au bon sens et constituent un abus qu'il est temps de faire disparaître.

» La présence du salpêtre dans le sucre est évidemment un inconvénient grave, qui tend à diminuer la valeur de cette denrée, mais on voit qu'il n'en empêche pas la cristallisation, c'est-à-dire qu'il n'engendre pas la mélasse. Le coefficient 5, dans le cas actuel, est donc inexact; il l'est encore dans presque tous les cas, ainsi que l'ont déjà démontré plusieurs savants. »

Nous avons vu, § 434, combien j'ai insisté sur l'inexactitude de ce coefficient : j'ai montré cette inexactitude par la découverte du sucrate de chlorure de sodium, de sa belle cristallisation et de sa faible déliquescence qui n'est pas notablement différente de celle du sucre.

Puisque le chlorure de sodium forme avec le sucre un composé parfaitement cristallisé, ce chlorure ne peut être mélassigénique. D'un autre côté une trace d'iodure de sodium unie au glucose suffit pour rendre incristallisable un poids énorme, presque indéfiniment grand, de sucre (§ 161). Le coefficient pour cet iodure serait de plus de 100 000. En effet, j'ai voulu connaître l'action de l'iodure de sodium sur les autres sucres; et j'ai commencé par le glucose pur. Celui dont j'ai fait usage a été préparé au moyen du miel blanc : on étale une couche de miel sur des briques neuves, et on abandonne ces *tartines* dans un air un peu humide. Au bout de quelques semaines toute la *partie liquide* est absorbée : il ne subsiste plus à la surface que du glucose parfaitement blanc : on le fait cristalliser dans l'alcool, etc. (1).

Ce glucose mêlé d'iodure de sodium ne donne pas trace de cristaux : la solution abandonnée au-dessus de l'acide sulfurique, sous une cloche, donne une masse gommeuse à surface plissée, très-dure, sans qu'on observe un seul instant un vestige de cristaux; *la*

(1) *Journ. des fabric. de sucre*, 12 octobre 1871.

Digitized by Google

masse est très-déliquescente et un peu colorée. J'ai opéré avec diverses proportions, et, même avec un excès d'iodure, je n'ai pas observé d'autre résultat.

Il est évident, d'après cela, que le sucre inverti ne peut fournir de cristaux, si la partie liquide, encore imparfaitement connue, n'a pas une faculté toute contraire à celle du sucre cristallisable. On ne pouvait le savoir que par une expérience directe : cette expérience donne un résultat tout semblable à celui du glucose : pas trace de cristaux. Même avec un excès d'iodure, 76 grammes pour 64 de sucre inverti (très-pur), et après une concentration qui avait réduit très-lentement (quinze jours) la densité à 1,89, il n'a pas paru le plus léger indice de cristallisation ; la masse est visqueuse et, en se desséchant, devient gommeuse, comme le produit formé par le glucose pur.

Enfin, j'ai voulu essayer d'extraire le sucre cristallisable d'une mélasse en le combinant avec l'iodure de sodium ; la facilité extrême de la formation des cristaux dans une solution aqueuse, où n'existent pas de corps étrangers, permettait d'espérer cette séparation malgré *les autres sucres* et les sels ; mais l'expérience est aussi négative que les précédentes :

200 grammes de mélasse additionnés de 100 à 150 grammes d'iodure ont été évaporés, soit à une douce chaleur, soit à froid au-dessus de l'acide sulfurique, avec une grande lenteur. Le sirop, très-épaissi, très-*court*, se coupant net au bout d'une baguette, comme une sorte de *cassé*, n'offre pas trace de cristaux. Les autres sucres et les sels, par la formation du composé gommeux avec l'iodure, retiennent à l'état liquide tout le composé de sucre ordinaire.

Il résulte de ces faits qu'une quantité d'iodure extrêmement faible peut communiquer aux jus le défaut de l'incristallisabilité avec une grande force. L'iode est donc un élément dont il faut éviter la présence et qui doit être recherché avec soin dans les engrais avant leur emploi.

Il est facile de comprendre que chaque sel, réellement mélassigénique, a un coefficient très-particulier. La nature et la proportion

Digitized by Google

des sels variant sans cesse, dans les betteraves et les autres végétaux, la fixité du coefficient est une chimère des plus trompeuses.

Depuis cette époque l'inexactitude en a été reconnue et confirmée par beaucoup d'autres chimistes.

Au moment de livrer cet article à l'impression, le *Journal des fabricants de sucre* (1) donne la nouvelle d'un accident terrible occasionné par les azotates. Du sucre de troisième jet turbiné dans la fabrique de Blandain (Belgique) s'est enflammé soit au contact d'une allumette jetée par un fumeur, soit en un point de la turbine où un frottement vif aura élevé la température. « Il s'est produit, dit Ed. Delville, professeur à Tournai, une fumée excessivement épaisse qui a enveloppé l'usine et la gare de Blandain, en même temps que plusieurs détonations successives se faisaient entendre; quelques instants plus tard, on a malheureusement constaté que plusieurs ouvriers employés à la turbine, ou à proximité, étaient atteints de fortes brûlures : deux ont succombé depuis. » La chaleur développée par la combustion a été assez intense pour fondre des tuyaux de plomb dans la purgerie. Le sucre était pris au fond d'un bac de troisième; il contenait 15 à 20 pour 100 d'azotate de potasse en cristaux à six pans, avec cannelures atteignant 1 centimètre (2).

Il est clair, comme le fait observer Delville, que cet azotate provient des engrais; il était peut-être accompagné d'azotate de soude. Les mélanges de ces sels avec le sucre sont explosifs; c'est une sorte de poudre de guerre, comme je l'ai expliqué § 102, tome Ier. Je ne saurais trop recommander la prudence et les soins pour éviter leur formation.

(1) Numéro du 17 octobre 1877.

(2) On remarquera que cette composition est la même que celle du sucre cité au commencement de cette note et pris par Corenwinder pour exemple. Les sucres mêlés d'azotate au 1/5 ou au 1/4 ne sont donc pas rares; ils sont très-dangereux.

Digitized by Google

NOTE C

SUR L'EXISTENCE DE L'IODE DANS LES MÉLASSES

On a vu combien l'iodure de sodium pourrait avoir d'influence contre la cristallisation du sucre normal dans les sirops et mélasses, d'après mes expériences (note B). J'ai cru devoir faire un certain nombre de recherches afin de trouver l'iode dans quelques mélasses. Voici par exemple l'une d'entre elles : 1400 grammes de mélasse (fabrique) ont été mêlés avec 200 grammes d'acide sulfurique préalablement étendus de 200 grammes d'eau. Le tout, soumis à la distillation, donne 10 centimètres cubes environ d'un liquide jaune, à odeur cyanique et formique. Ce liquide, additionné d'amidon et traité par le chlore, avec les précautions connues, ne présente aucun indice d'iode. — On ajoute de la potasse caustique en petit excès, on fait évaporer, on calcine; on reprend par l'amidon et le chlore, ce qui ne donne encore rien ; — après les 10 premiers centimètres cubes, on a recueilli 110 autres centimètres cubes d'une eau encore jaune qui, traitée de suite par la potasse caustique, etc., ne donne absolument rien. — La masse restée dans la cornue devient ulmique : chauffée au bain de sable, elle donne encore un peu de liquide sulfureux, où il est impossible de saisir la moindre trace d'iode.

Cette recherche a été répétée, en plusieurs années, jusqu'à sept fois; aucun résultat positif n'a pu être obtenu.

Il n'est donc pas possible d'expliquer l'incristallisabilité d'une partie du sucre des mélasses par l'influence d'une petite quantité d'iodure.

Digitized by Google

NOTE D

PRIX MOYEN DU SUCRE BRUT

Il est utile de connaître les prix moyens du sucre brut à la Bourse de Paris ; voici le tableau de ces prix depuis 1853 jusqu'au moment actuel. Je dois cette communication, comme pour les alcools, à l'obligeance de Renard, secrétaire du Syndicat des courtiers : les moyennes annuelles m'avaient été données par Dureau. Je suis heureux de les remercier tous deux publiquement.

Digitized by Google

PRIX MOYEN DU SUCRE BRUT INDIGÈNE, BONNE 4e, A LA BOURSE DE PARIS. — LES 100 KIL. EN ENTREPOT.

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Moyenne.
1853.....	59f 25c	59f 55c	61f 60c	64f 25c	65f 10c	65f »c	64f 10c	62f 15c	62f 55c	66f 35c	62f 60c	67f 20c	60.90
1854.....	70 65	69 10	66 45	64 »	61 55	63 85	64 25	68 10	68 25	67 80	69 80	71 40	67.10
1855.....	70 90	68 60	70 10	69 75	68 35	68 25	66 25	65 90	67 55	68 15	71 85	77 50	69.42
1856.....	72 80	69 10	67 45	68 25	70 30	73 65	78 85	81 50	79 65	77 65	75 35	74 30	74.07
1857.....	76 65	78 50	82 10	92 60	106 85	116 85	115 25	93 60	92 30	81 70	66 05	60 70	88.52
1858.....	62 35	60 25	60 50	58 10	60 60	63 95	68 50	74 75	71 10	67 25	68 50	72 45	65.09
1859.....	80 85	73 60	71 70	70 70	72 30	71 70	66 81	66 »	65 04	66 57	65 15	64 42	69.57
1860.....	66 15	64 68	66 21	68 52	69 92	68 71	71 72	75 94	75 74	74 »	73 82	73 73	70.76
1861.....	73 46	70 91	69 75	73 80	73 50	71 40	69 81	66 13	64 »	64 28	62 64	62 24	68.49
1862.....	68 98	63 81	62 »	61 98	60 79	61 50	61 50	61 50	61 50	59 87	56 30	54 61	61.19
1863.....	53 28	53 30	53 18	54 22	54 81	54 48	53 67	56 40	59 58	67 25	81 64	87 76	60.79
1864.....	85 72	81 20	81 23	79 73	77 65	77 26	72 15	70 25	68 94	64 15	65 79	64 31	77.30
1865.....	61 98	60 »	60 14	59 64	62 50	62 78	63 44	60 50	58 78	58 96	57 33	57 65	60.31
1866.....	58 94	57 60	56 87	55 91	55 31	56 »	58 75	60 26	63 16	58 98	56 71	56 56	57.93
1867.....	57 59	57 15	55 25	52 99	55 69	57 27	57 »	57 12	59 24	57 24	57 30	56 85	56.73
1868.....	56 34	57 29	59 42	64 52	69 65	66 98	65 30	64 12	61 90	60 28	61 53	60 88	61.92
1869.....	61 19	65 12	67 22	69 20	69 41	70 62	68 89	67 59	69 33	62 62	61 69	61 55	66.28
1870.....	61 90	61 64	62 94	63 81	65 74	66 68	69 06	64 72	60 »	» »	» »	» »	62.67
1871.....	» »	» »	» »	» »	» »	» »	69 95	69 04	65 96	65 52	65 08	65 54	68 50	67.73
1872.....	69 18	68 47	67 35	68 88	74 30	74 95	72 55	73 51	70 25	66 95	66 03	64 49	67.92
1873.....	62 37	61 18	61 28	61 85	64 20	63 60	61 15	61 20	62 49	60 12	56 70	57 80	61,07
1874.....	56 23	53 84	54 90	54 56	55 67	58 »	57 21	58 43	58 64	55 48	55 46	53 07	55.86
1875.....	53 22	54 13	55 52	57 58	57 76	57 90	57 06	55 93	56 32	51 18	48 11	47 76	54.17
1876.....	48 13	47 03	48 »	49 83	53 25	53 36	53 66	56 12	53 94	58 77	78 17	77 55	52.75
1877.....	74 83	73 45	70 25	69 35	73 79	72 91	69 »	64 90	61 19	» »	» »	» »	

Digitized by Google

NOTE E

PROCÉDÉ D'EXTRACTION DU SUCRE PAR LES SELS, OU L'OXYDE DE PLOMB

J'ai parlé de ce procédé (tome II, p. 237) très-brièvement, parce que l'emploi des sels de plomb est considéré jusqu'à présent comme extrêmement dangereux. Ces sels passent pour avoir une puissance vénéneuse très-grande. Sans m'élever contre cette assertion, dont je n'ai aucune raison de diminuer la force, il me sera permis de dire que l'emploi des sels de plomb, pour la fabrication du sucre, doit ne pas être rejeté sans autre examen.

La première raison à donner est celle de leur usage dans les colonies anglaises; nous l'avons mentionné § 1009. Malgré la puissance vénéneuse de l'acétate de plomb, jusqu'à présent son élimination a toujours été parfaite et les sucres obtenus par ce moyen n'ont donné lieu à aucune plainte.

Il serait donc possible d'employer le même sel de plomb, ou d'autres plus ou moins solubles, si la défécation produite par ces sels donne des jus incolores et si la purification de ces jus, c'est-à-dire l'enlèvement absolu du sel en excès, peut être parfaite. Or, il est facile d'opérer cette purification avec un sulfure alcalin fort peu coûteux : le sulfure de sodium, qui peut être obtenu très-aisément. Ce sulfure, employé avec un sel de plomb convenable, peut débarrasser complétement les jus de toute trace de plomb et ne laisser à la place du sel plombique rien de nuisible, ni au point de vue de la santé des consommateurs, ni au point de vue de la fabrication.

Le sel de plomb le plus convenable est certainement l'acétate basique $C^4H^8O^4$ $(PbO)^3$, connu sous le nom de sel de Saturne. Ce sel précipite une très-grande partie des matières étrangères et ne pré-

Digitized by Google

cipite pas de sucre normal; on peut donc en employer un léger excès. La dissolution, séparée du précipité très-abondant fourni par l'acétate, au moyen de la filtration ou de toute autre manière, est parfaitement incolore : additionnée de sulfure de calcium jusqu'à cessation de précipité noir, elle contient le sucre normal tout entier avec le reste du *non-sucre* dans un état très-peu gênant pour la cuite et la cristallisation. La décomposition de l'acétate et du sulfure donne du sulfure de plomb noir insoluble, et de l'acétate de chaux soluble. Ce dernier sel n'est pas le moins du monde vénéneux : il ne nuit pas à la cristallisation et ne colore aucunement les sirops. On peut donc obtenir ainsi du sucre en cristaux, en grains, avec un rendement plus élevé qu'à l'ordinaire et moins de mélasse.

J'ai cru devoir attirer l'attention sur ce procédé qui peut donner des résultats magnifiques : du sucre en très-beaux grains, très-peu colorés, très-abondants, peu de mélasse et sans trace de plomb, c'est-à-dire bien dénué de toute action vénéneuse.

Digitized by Google

NOTE F

VARIÉTÉS DU SUCRE NORMAL DANS LES VÉGÉTAUX

Les cristaux de sucre présentent quelques différences suivant leur origine; on trouve par exemple :

	Palmier.	Sorgho.	Érable.	
P. P.....	75°0′	78°40′	78°14′	
P. *a*.....	130°16′	128°50′	129°36′	
P. *c*.....	98°1′			
a. *c*.....	103°0′	102°45′	104°0′	(1)

NOTE G

SUCRE D'AGAVE

Le sucre d'agave (*Agave americana*) est du sucre normal; on l'obtient à l'état cristallin en ne laissant pas fermenter la séve. La richesse de cette séve est au moins égale à celle de la vigne. Le produit d'un hectare est, d'après Boussingault, en moyenne 6370 kilogrammes de sucre, et dans le Languedoc, s'il faut croire le même auteur, la vigne (*terret* ou *aramon*) ne dépasse pas 6000 kilogrammes (2).

(1) *Ann. de chim. et de phys.* [3], LV, 287.
(2) *Annales de chim. et de phys.* [5], VII, 433.

Digitized by Google

NOTE H

ACTIONS CHIMIQUES DIVERSES DU SUCRE

Action du perchlorure de fer. — D'après E. Hoffmann, le sucre et le perchlorure de fer exercent une action lente. Douze heures après le mélange des dissolutions, le cyano-ferrure rouge commence à donner un précipité bleu. Une température plus élevée active beaucoup la réduction. — La présence du sucre dans la liqueur Bestuchef (*teinture chlorurée*) la dispose à une réduction très-rapide. — L'éther la favorise puissamment (C. Méhu). Si l'on ajoute au sucre de la soude caustique, il n'exerce plus de réduction à chaud ou à froid. Il se produit, à l'ébullition, un précipité.

La moindre trace de glucose présente une réduction très-sensible et rapide; avec la soude, elle ne donne aucun précipité.

Dans les deux cas, la liqueur brunit et exhale une odeur de caramel (1).

Il est facile de voir pourquoi ces actions sont lentes; on a :

M $$n = \frac{171.5(Fe^2Cl^3.HO)}{171.(C^{12}H^{11}O^{11})} = 1.00$$

$$C^{12}H^{11}O^{11} + Fe^2Cl^3HO = C^{12}H^{10}O^{12} + Fe^2Cl^2 + ClH$$

La tendance à former $C^{12}H^{10}O^{12}$ est très-faible; pour H^{11} il faudrait O^{13}. — Il est nécessaire d'employer un excès de F^2Cl^3.

$C^{12}H^{10}O^{12}$ est un corps qui mérite une recherche attentive.

La solution alcaline de sucre peut être additionnée de glycérine qui n'exerce aucune réduction. — Celle de glucose continue d'en offrir une « des plus faibles ».

Action du chlorure de chaux. — Schoonbroodt a étudié l'action du chlorure de chaux sur le sucrate de chaux. Ce chimiste employait :

2 parties de sucre, soit... $2 \times 171 = 342$
1 partie chaux hydratée... $1 \times 171 = 171 = 4.6$ CaO.HO
3 parties chlorure..... $3 \times 171 = 513 = 2.82$ $CaO.ClO.CaClCaO(HO)^3$.

(1) *Journ. de pharm.*, [4], XX, 469.

Digitized by Google

On voit que la chaux du chlorure et celle ajoutée représentent du sucrate sexbasique, et au delà; les substances mêlées intimement, et mises en bouillie épaisse avec de l'eau distillée, n'ont pas tardé à produire « une réaction très-vive avec dégagement de chaleur et de chlore ». La masse délayée dans l'eau forme une gelée volumineuse, composée, d'après l'auteur, de :

Chlorure de calcium.	Chlorate de chaux.
Carbonate de chaux.	Produits d'oxydation (indéterminés).
Pectate de chaux.	Produits de chloruration (indéterminés).

La formation du pectate aurait lieu d'après la formule :

$$C^{24}H^{22}O^{22} + 3\,CaO.ClO = C^{24}H^{15}O^{21}.(HO)^2 + 3\,CaCl + 5\,HO$$

$C^{24}H^{15}O^{21}.(HO)^2$ représentant l'acide parapectique.

En doublant la quantité de chlorure de chaux, la réaction est plus lente; le produit, encore un peu gélatineux, a pu être filtré. Par l'évaporation, il reste un sirop d'où l'alcool à 89 degrés fait déposer une poudre « composée en majeure partie de malate de chaux »; l'acide serait produit par l'action :

$$C^{24}H^{22}O^{22} + 6\,CaO.ClO = 6(C^4H^2O^4.HO) + 4\,HO + 6\,CaCl$$

Relativement, la quantité d'acide formé est « *très-petite* » (1).

Il est difficile de rencontrer un exemple plus frappant de l'impuissance des idées actuelles. Les résultats cités me paraissent complétement inexacts, et je vais en *commencer* la preuve sans la donner tout entière, faute d'espace :

Le sucrate est celui dont nous avons expliqué la composition (§ 62) $C^{12}H^{11}O^{11}\,(CaO.HO)^{4\cdot6}$. En admettant sa solubilité complète, on a :

$$\boxed{M} \qquad n = \frac{342}{182}\,\frac{C^{12}H^{11}O^{11}(CaO.HO)^{4\cdot6}}{(CaO.ClO.CaCl.CaO.(HO)^2)} = 1.88, \text{ soit } 2.0$$

$$2\,CaO.ClO + C^{12}H^{21}O^{11}(CaO.HO)^{4\cdot6} = C^{12}H^{11}O^{15}.CaO + CaCl + 3\,CaO.HO + (HO)^{16}.$$

La première action, l'action réelle, donne donc de l'acide hexépique et pas autre chose.

(1) *Bull. de la Soc. chim.*, 1861, p. 77.

Digitized by Google

NOTE I

SUR LA CHALEUR DANS LES FOURS A CHAUX

On a prétendu que le coke employé dans les fours à chaux dégage plus de chaleur que lorsqu'il brûle sans le contact de la chaux; cette idée paraît avoir été émise pour la première fois par le célèbre officier anglais Congrève, qui admettait *un tiers* de plus (1). Deux causes pourraient expliquer ce phénomène : d'une part, l'action du soufre contenu dans le coke sur la chaux; et, d'autre part, la décomposition du carbonate de chaux (dissociation). La première cause est faible; elle ne donnerait pas, à beaucoup près, la proportion excédante d'un tiers. La seconde cause ne produit pas non plus cet effet.

(1) *Journ. de pharm.* [2], VI, 296.

Digitized by Google

NOTE J

SUR LES MOYENS DU DOSAGE DU SUCRE

On a proposé de remplacer le tartrate de cuivre alcalin par un mélange de 109gr,8 prussiate rouge et 55 grammes potasse fondue, mis en solution aqueuse au volume de 1 litre. Ce réactif ne vaut pas le tartrate; il accuse le glucose *réducteur* par une décoloration sans précipité. Il suffit d'un gramme de sucre normal inverti pour décolorer 10,98 prussiate rouge (1).

Soldanii a proposé récemment une liqueur dont l'action sur les sucres paraît très-nette :

15 grammes de carbonate de cuivre,
416 grammes de carbonate de potasse,
1400 grammes d'eau,

donnent à chaud une dissolution complète, qui est absolument inactive avec le sucre normal, la dextrine, l'empois d'amidon, l'acide tartrique, l'acide urique, l'urine normale; mais très-active avec le glucose, le lactose, le tannin et l'acide formique. C'est une liqueur de Becquerel, carbonatée (§ 396).

Sachsse annonce une action nouvelle dans le même but : celle du bi-iodure de mercure uni à l'iodure de potassium.

15 gr. de bi-iodure de mercure (mis au volume de 1000cc avec de l'eau),
25 gr. d'iodure de potassium (id.),
80 gr. de potasse caustique (id.).

40 centimètres cubes de cette solution, chauffés dans une capsule de porcelaine à l'ébullition, reçoivent goutte à goutte le mélange à

(1) Gentele, *Répertoire de chimie appliquée*, I, 347.

Digitized by Google

examiner. $0^{gr},285$ de glucose réduisent exactement. C'est l'équivalent $C^{12}H^{12}O^{12}$ pour 2 de IHg.

La liqueur est d'une conservation facile.

0,1072 de sucre inverti produiraient l'effet de 0,15 de glucose; il y a erreur d'impression ? 0,15 pour 0,2855.

Méhu en citant cette méthode la déclare non recommandable : le liquide est réduit par le sucre normal, l'urine, la morphine et un grand nombre de substances (1).

(1) *Journ. de pharmacie* [4], XXV, 146.

Digitized by Google

NOTE K

SUR LES ODEURS DES ALCOOLS

Une erreur de composition, page 669, à la fin du § 1186, a fait omettre les expériences annoncées; l'objet de cette note est de les rétablir avec les détails nécessaires :

Dans l'espoir d'acquérir quelques notions utiles sur le bouquet des vins, j'ai fait les expériences suivantes : j'ai d'abord cherché à me procurer de l'alcool de vin privé, le plus possible, de l'odeur du liquide. 10 litres de vin rouge, Bordeaux bon ordinaire, ont été traités par 200 grammes de céruse qui laissait une faible acidité, puis soumis à la distillation. Les premiers et les derniers litres ont été mis à part, et l'on a employé l'alcool du milieu de la distillation; le degré de liquide était 55 c. On a mesuré 185^{cc} représentant, par suite de cette richesse, 101^{cc},75 alcool absolu. Les 185^{cc}, versés dans une carafe de un litre, ont reçu l'eau distillée et bouillie nécessaire pour remplir; le liquide ainsi obtenu ne présente aucune odeur sensible.

Une goutte *d'aldéhyde* pur, versée dans le liquide, s'y dissout et ne fait naître aucune odeur appréciable.

L'*éther acétique*, employé jusqu'à dix gouttes, n'amène encore aucun effet. Le liquide ne se distingue pas de l'eau qui a servi à le former.

L'*acide acétique cristallisable* ne change pas le résultat, même en portant sa dose à un centimètre cube = 1^{gr},04.

J'ai ajouté successivement :

5^{gr},5 de *crême de tartre* bien pulvérisée (une partie restait non dissoute au bout d'un an) ;

0^{gr},18 d'*acide succinique*, aussi pulvérisé ;

20 grammes de *glycérine* très-concentrée, à peu près pure.

Le liquide est resté complétement sans odeur.

Les choses ont changé quand j'ai ajouté certains éthers.

D'abord, en employant deux *petites* gouttes d'*éther œnanthique* (ou, si l'on veut, du produit obtenu en distillant 60 litres de lie de vin

Digitized by Google

bien fraîche avec autant d'eau, dans un bain de chlorure de calcium), à l'instant le liquide a pris une odeur de vin.

Ensuite on a ajouté, par gouttes, un centimètre cube d'essence de poires, c'est-à-dire du mélange :

1 volume d'éther pentédo-penténique (valéro-amylique),
6 volumes d'alcool à 36 degrés.

Les premières gouttes ont développé un bouquet qui appartient à certains vins; mais, en poussant jusqu'au centimètre cube, l'odeur de poires devient sensible et ne laisse plus confondre le liquide avec du vin. J'ai préparé un autre litre de liquide renfermant exactement les mêmes substances, moins l'essence de poires, dont je n'ai employé que deux ou trois gouttes. J'ai ajouté deux gouttes d'éther butyrique ordinaire; le bouquet s'est énormément rapproché de celui du bon vin de Bouzy, à ce point que plusieurs personnes ont pris le liquide pour du vin décoloré. En variant ces expériences, on peut imiter d'une manière surprenante le bouquet des vins. Les éthers dont l'acide est la base ont tous deux un équivalent élevé, et paraissent les plus propres à développer des odeurs semblables à celle du vin.

La saveur des liquides ainsi préparés n'est pas aussi rapprochée de la saveur des vins que l'odeur; mais, dans quelques cas, elle est franche, agréable, et de nature à tromper le palais le plus délicat. Si l'on colore le liquide, surtout avec l'œnocyanine préparée, comme je l'ai indiqué (*Traité des vins*, § 96), le liquide peut être bu comme du vin, et, au risque de faire jeter les hauts cris à certains œnologues superstitieux, je crois que des liquides ainsi préparés, avec tous les soins convenables, l'emporteraient de beaucoup comme aliments, sur quelques vins naturels.

Dumas a confirmé pleinement ces observations (1).

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, LVII, 482. — *Journ. de pharm.*, XLV, 99.

Digitized by Google

NOTE L

SUR UNE BONDE POUR LA CONSERVATION DES ALCOOLS

Voici une bonde dont l'emploi, pour la conservation des alcools, me paraît avoir les avantages des bondes hydrauliques, sans présenter leurs inconvénients. B (fig. 247) est une bonde en bois ordi-

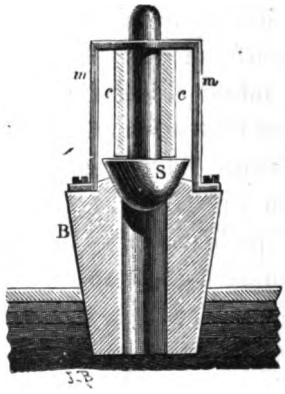


FIG. 247

naire; elle est percée d'un tube évasé à la partie supérieure, où se loge une soupape en os S. La soupape est guidée par la bride *m m*, en fer étamé; pour la maintenir, on se sert d'un bout de tube de caoutchouc *c c*. J'avais imaginé cette bonde, il y a déjà longtemps, sans connaître celle de M. Sébille-Auger; depuis, j'ai appris que cet habile œnologue a fait une bonde à soupape et à ressort, presque identique : je me trouve avoir simplement remplacé le ressort par un caoutchouc. — Sans m'arrêter davantage sur ce point, je dirai seulement qu'une très-légère pression soulève la soupape et laisse échapper le gaz, et que cette bonde, avec tube de caoutchouc, ne craint aucune détérioration. Lorsque la bonde en bois se fatigue, on la remplace par une autre; mais la soupape, la bride, le caoutchouc, peuvent durer très-longtemps.

Digitized by Google

NOTE M

SUR LES GLOBULES NOMMÉS FRAI DE GRENOUILLE, GOMME, ETC.

Le produit ainsi nommé reste encore peu connu ; c'est une masse globuleuse, non pas microscopique, le nom de frai de grenouille le dit assez, mais à grains très-visibles, demi-transparents, de dimensions égales et insolubles dans l'eau, ce qui ne permet guère la désignation de gomme. D'après Jubert et Scheibler, cette substance ne se développe pas avec des betteraves mûres, mais avec celles qui ne le sont pas encore, ou celles qui ont dépassé la maturité. La différence serait assez réelle pour que l'introduction de betteraves mûres fît cesser à l'instant la production des globules occasionnée par des betteraves imparfaites. Je crois le fait vrai, mais entre des limites un peu moins précises, et c'est, toutefois, un argument de plus contre l'usage indistinct des betteraves de tout âge. Il suffit de vingt-cinq ou trente minutes pour voir apparaître les globules, après la préparation du jus clair, même dans des appareils fort propres, comme les vases de macération, etc. Feltz croit l'abondance des globules en rapport direct avec la finesse de la pulpe ; peut-être la *pulpe folle* est-elle la vraie source de cette production. Scheibler la considère comme le plasma de la betterave, accidentellement mêlé de bactéries, d'où lui viendrait la propriété de *ferment*. Les globules en eux-mêmes n'auraient aucunement cette propriété, parce que, d'après lui, jamais aucun agent de fermentation ne développe en trente minutes, avec une quantité de germes inappréciables, des masses de plusieurs kilogrammes. D'ailleurs les globules se produisent principalement pendant les premiers jours des campagnes, avec des betteraves ordinairement très-saines. Jubert les a vus se former dans une solution de sucre pur et il se dégagerait alors de l'acide carbonique, ce que Scheibler considère comme une preuve

Digitized by Google

de fermentation visqueuse complète, avec production de mannite, acide *triéfique* (lactique), dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène. (Ce dernier aurait été méconnu par Jubert.)

L'acide *hexafébique* (carbolique) ou phénol n'empêche pas la production des globules; il en provoquerait, au contraire, une séparation plus abondante. Les sulfates (sels sulfatés?) ne peuvent non plus l'empêcher.

Un fait assez important, ce serait l'erreur causée dans les mesures polarimétriques, par l'existence de ces globules. Les jus pris dans l'usine donneraient toujours, après la formation des globules, un excès de rotation, comparativement aux jus des mêmes betteraves traitées dans le laboratoire; les globules donneraient naissance à une matière dextrogyre. Jubert l'a annoncé le premier; Scheibler a trouvé cette assertion exacte.

Je ne blesserai pas les auteurs de ces recherches en exprimant le désir d'études nouvelles et plus précises. Le sujet est encore peu lumineux.

Exemple d'un mauvais approvisionnement de betteraves. Dans le même mois (trente jours) les betteraves reçues ont offert :

	Degré densimétrique.	Sucre.	Non-sucre.	Coefficient. $\frac{2.1}{2+3}$
	1	2	3	
Maximum.....	5.1	11.12	1.49	88.18
Minimum.....	5.3	5.07	3.13	61.83

FIN DU TOME SECOND.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME SECOND

CHAPITRE VI

STRUCTURE ET COMPOSITION CHIMIQUE DES VÉGÉTAUX EMPLOYÉS A LA FABRICATION DU SUCRE

Numéros des paragraphes.		Pages.
579.	— Betterave (variété blanche de Silésie)	1
579.	— Structure étudiée par Decaisne	1
580.	— Examen microscopique du suc	9
581.	— Distribution du sucre, suivant Payen	10
582.	— Distribution du sucre, suivant Viollette	10
583.	— Propriété résultant de la structure, par Maumené	11
585.	— Analyse de la betterave. — Sucre normal	15
586.	— Cellulose	15
587.	— Fécule	17
588.	— Mucilage	17
589.	— Mannite	20
590.	— Pectose. — Acide pectique	22
591.	— Matières azotées neutres. — Albumine	24
592.	— Tétrabazofine (asparagine)	26
593.	— Pentazodine (bétaine)	27
594.	— Matières colorantes. — Œnocyanine de Maumené	29
595.	— Chlorophylle	30
596.	— Huile essentielle	31
597.	— Acides libres. — Acide tétrabéjique (malique)	31
598.	— Acides hexépique et triéjique, suivant Maumené	32
	Hexabébique (saccharique), hexabérique (oxysacharique), pentabélique, suivant Maumené	32
599.	— Monajélique (tannique)	32
600.	— Matières salines	33

Digitized by Google

Numéros des paragraphes. Pages.
601. — Oxalates.... 34
602. — Tétrabéjiates (malates).... 36
603. — Azotates.... 37
604. — Sulfates.... 39
606. — Phosphates.... 41
607. — Chlorures,.... 42
608. — Acide silicique.... 43
609. — Alumine.... 44
610. — Oxyde de fer.... 44
611. — Oxyde de manganèse.... 44
612. — Oxyde de rubidium et cæsium.... 44
613. — Oxyde de cuivre.... 44
615. — Analyse quantitative. — Ammoniaque.... 44
616. — Composition totale (R. Hoffmann).... 45
618. — Quantité d'eau.... 47
619. — Cendres salines.... 48
620. — Composition générale.... 50
Types divers.... 50
621. — Canne (canne d'Otaïti).... 51
622. — Composition chimique.... 52
626. — Structure.... 55
631. — Composition du cal.... 59
633. — Composition générale.... 62
635. — Action des réactifs sur le vesou.... 64

CHAPITRE VII

CULTURE DES PLANTES SACCHARIFÈRES

637. — Culture de la betterave.... 66
638. — Choix du terrain.... 66
639. — Choix des engrais.... 67
644. — Choix de l'espèce de betterave.... 74
647. — Choix des graines.... 81
648. — Nécessité d'une maturité précise.... 82
649. — Culture de la canne.... 83
651. — Choix du terrain.... 86
655. — Rendement en cannes.... 88
656. — Ennemis de la canne.... 89
657. — Culture de l'érable à sucre.... 90
658. — Culture du sorgho.... 92
660. — Culture du maïs.... 93
661. — Culture de la carotte.... 93
662. — Culture du melon.... 94

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

FABRICATION DU SUCRE. — SUCRES DE BETTERAVES. — LAVAGE ET RAPAGE

Numéros des paragraphes.		Pages.
663.	— Soins à la betterave après l'arrachage	95
664.	— Silos	96
665.	— Transport par bateaux	96
666.	— Transport aérien	97
667.	— Lavage des betteraves	98
668.	— Râpage	101
676.	— Râpe Fisca	105
677.	— Râpe Klusemann	105
678.	— Râpe Robert	106
679.	— Râpe Joly et Camus	107
680.	— Direction de la betterave sur les râpes	108
681.	— Moyens d'éviter les semelles	109
684.	— Force absorbée pour le râpage	110
686.	— Râpe à denture interne (Odobbel)	111
687.	— Râpe à denture interne (Champonnois)	111
688.	— Analyse de quelques eaux	115
689.	— Proportion d'eau pour le râpage	117
693.	— Faut-il ajouter de la chaux ?	118
695.	— Bisulfite de chaux	122
696.	— Autres antiseptiques	122
698.	— Forme des dents de râpe	123
699.	— Air absorbé par la pulpe	125
700.	— Râpage dans la vapeur (Maumené)	125
701.	— Soins généraux à donner aux râpes	127
704.	— Pelleteur mécanique	128
705.	— Pompes à pulpe	129

CHAPITRE IX

PRESSURAGE

706.	— Presses préparatoires	132
708.	— Presses hydrauliques	135
713.	— Charge sur le piston	146
717.	— Manomètres. — Système Bourdon	150
719.	— Manomètres à mercure	151
721.	— Enregistreur continu	153
723.	— Graissage des pistons	155
724.	— Sacs. — Leur grandeur	133
727.	— Leur charge de pulpe	158

Digitized by Google

Numéros des paragraphes. Pages.

729. — Hauteur des piles..... 159
733. — Charge de la presse..... 161
734. — Choix du tissu des sacs..... 161
735. — Lavage des sacs..... 162
737. — *Presses continues*..... 164
738. — Presse Poizot..... 164
740. — Presse Manuel et Socin..... 169
741. — Presse Collette..... 172
742. — Presse Champonnois..... 172
743. — Presse Lebée..... 174
745. — Rendement de la pulpe en *pressine*..... 175
746. — La pressine est un aliment pour les bestiaux..... 179
749. — Extraction du jus par la force centrifuge..... 181
751. — Épuisement par l'eau dans la turbine..... 186
754. — Pulpe folle..... 189
756. — Extraction des jus par macération, etc..... 192
764. — Appareil Schutzembach..... 200
767. — Emploi de la presse et de la macération..... 203
768. — Macération des cossettes..... 203
769. — Diffusion..... 204
772. — Transport souterrain des jus..... 207
773. — Essai des jus à l'arrivée..... 210
774. — Dimensions des tuyaux..... 211
775. — Avantages du transport souterrain..... 212
781. — Conservation des jus. — Procédé Maumené..... 214
782. — La chaleur altère moins les jus bruts..... 217
786. — Approbation des auteurs..... 223

Défécation des jus.

788. — Impureté des jus. — Physique. — Chimique..... 225
790. — Défécation à froid, suivant Maumené..... 226
791. — Défécation à chaud..... 227
792. — Carbonatation trouble, multiple, etc..... 229
794. — Action de la chaux à froid..... 231
798. — Action de la chaux aidée de la chaleur..... 234
799. — Un autre alcali peut-il remplacer la chaux ?..... 236
800. — Appareils. — Préparation de la chaux..... 237
801. — Analyses de calcaires..... 239
802. — Diversité des chaux..... 239
803. — Fours à chaux..... 240
804. — Eau absorbée par les pierres à chaux (Maumené)..... 243
805. — Analyse des dépôts dans le tube des fours (Maumené)..... 244

Digitized by Google

Numéros des paragraphes. Pages.

806. — Production du lait de chaux..... 245
808. — Emploi du jus (conseillé par Maumené)..... 248
809. — Lenteur de la dissolution..... 249
810. — Causticité des jus chaulés..... 250
811. — Titrage de l'alcalinité (deuxième moyen)..... 251
812. — Le chaulage doit être immédiat..... 252
813. — Transport par le *monte-jus*..... 253
814. — Transport par la *pompe à jus*..... 254
815. — Chaudière de défécation..... 255
816. — Mesure de la chaux..... 257
818. — Effets de la défécation..... 258
821. — Sucre retenu dans les écumes..... 260
823. — Dégagement d'ammoniaque..... 261
824. — Carbonatation..... 263
825. — Analyses du gaz du four..... 265
826. — Laveur du gaz..... 265
827. — Emploi de la vapeur surchauffée, d'après Maumené..... 267
828. — Emploi de la craie et des acides..... 268
829. — Emploi du bicarbonate de soude..... 269
830. — Emploi du gaz de fermentation..... 269
831. — Pompe à gaz..... 269
832. — Effets de la carbonatation..... 269
834. — La carbonatation est inévitable dans le procédé Maumené..... 274
836. — Les écumes ne renferment pas de sucrate..... 276
837. — Chaudières de carbonatation..... 276
840. — Brise-mousses. — Mécanique. — Quarez..... 279
841. — Brise-mousses Morelle. — Emploi du jus..... 280
842. — Brise-mousses physique par pression..... 281
843. — Double carbonatation..... 281
844. — Terminaison des carbonatations..... 282
845. — Décantation..... 284
846. — Bacs décanteurs..... 285
838. — Moyens divers de décantation..... 285
851. — Filtres-presses. — 1er type : Durieux Rattyer..... 290
853. — 2e type : Trinks..... 295
855. — Tamiseur..... 298
856. — Quantité des écumes et tourteaux..... 299
Analyses de tourteaux..... 299
857. — Histoire des filtres-presses..... 300

Évaporation et cuite.

859. — Évaporation simple..... 302

Digitized by Google

Numéros des paragraphes. Pages.

861. — Elle est faite en deux temps : 1° jusqu'à 20 degrés (densimétriques); 2° jusqu'à 48 ou 50 degrés. 303
862. — Méthode Lampadius. 304
Méthode Howard. 304
863. — Méthode Roth. 306
864. — Méthode Trappe et Louvrier-Gaspard. 308
865. — Aspirateur Pelletan. 309
866. — Méthode Degrand. 310
867. — Modification Derosne et Cail. 312
868. — Méthode Pecqueur, Rillieux. — Effets multiples. 314
869. — Triple-effet, construit par Cail. 314
872. — Pompe à air. 317
873. — Résultats fournis par le triple-effet. 321
876. — Densités des sirops dans les trois chaudières. 326
877. — Éprouvettes diverses. 326
880. — Réchauffage. — Son danger. 329
882. — Circulation de la vapeur de chauffage. 330
883. — Accidents. — Interruption du travail. 331
Lavage à l'acide. 333
884. — Analyses des dépôts. 334
885. — Filtre Maumené. 336
886. — Formation de la mousse. — Effet de l'huile. 337
889. — Inconvénient des soupapes à flotteur. 339
890. — Travail avec deux chaudières. 339
892. — Lois de l'évaporation. 340
893. — Table des forces élastiques des vapeurs, etc. 341
Table des poids de vapeur et d'air. 348
894. — Correspondance des degrés densimétriques et Baumé. 350

CHAPITRE X

DÉCOLORATION. — EMPLOI DU NOIR ANIMAL

895. — Composition du noir d'os. 352
896. — Sa puissance décolorante. 353
900. — Cause de cette puissance. 355
903. — Analyse de ses effets. 356
905. — Diversité de ses effets. 358
907. — Absorption des matières colorantes. 361
908. — Absorption des alcalis et des sels. 361
912. — L'action du noir n'est pas toujours un bienfait. 364
913. — Coefficient mélassimétrique. — Son absurdité. 365
914. — Véritable utilité du noir d'os. 366
915. — Préparation du noir d'os. — Sa densité. 367

Digitized by Google

Numéros des paragraphes.		Pages.
916.	— Filtres à noir. — Filtre ouvert	368
919.	— Révivification	371
920.	— Effet de la masse d'eau de lavage	372
921.	— Filtres fermés	373
922.	— Dimensions et formes des filtres	376
923.	— *Dégraissage* des filtres fermés	377
926.	— Lavage du noir à l'eau. — Vis d'Archimède	378
927.	— Appareil Brissonneau	379
928.	— Appareil Klusemann	379
929.	— Lavage à l'acide	380
933.	— Lavage par fermentation	383
934.	— Calcination du noir	384
936.	— Four Blaize	387
937.	— Four Gils et Durieux	387
938.	— Four Séraphin	388
939.	— Température de calcination	389
940.	— Lavage aux alcalis caustiques	390
941.	— Analyses du noir : carbone	390
943.	— Analyses du noir : carbonate calcaire	391
944.	— Analyses du noir : sulfure de calcium	392
945.	— Analyses du noir, par Maumené	393
	Analyses du noir, par Schultz	393
948.	— Préparation du noir d'os : cornues	394
949.	— Préparation du noir d'os : marmites	395
950.	— Matières pouvant remplacer le noir d'os	396
951.	— Deuxième évaporation ou CUITE	396
952.	— Appareil ou chaudière à cuire	398
	Table des densités et des richesses, par Maumené	401
953.	— Précautions à prendre	402
954.	— Degré densimétrique final mesuré :	
	1° Par la température	402
	2° Par la densité	403
956.	— 3° Par l'essai au boulé	404
957.	— Cuite en grains	405
958.	— 1° Par précipitation de cristaux, suivant Maumené	405
959.	— 2° Par introduction d'une amorce, suivant Lampadius	406
	3° Par addition de sirop froid	407
962.	— Réduction de la vapeur par la boîte à chagrin	408
963.	— Serrage à chaud et à froid	410
966.	— Éprouvette ou tâte-sirops	412
969.	— Extraction du grain. — Moulin malaxeur	413
971.	— Turbinage	414
	Clairçage par un liquide	416
	Clairçage par vapeur ou gaz	417

Digitized by Google

Numéros des paragraphes. Pages.

972. — Rendement des masses cuites..... 418
975. — Classement des sucres..... 422
977. — Dangers du clairçage à vapeur..... 423
978. — Dangers du clairçage à l'eau..... 424
979. — Dangers du clairçage à l'air chaud..... 424
980. — Dangers du clairçage à l'alcool..... 425
982. — Usage immédiat du sucre des turbines..... 426
983. — Clairçage avec du sirop de cannes..... 427
984. — Mise du sucre en magasin..... 427
985. — Disposition des magasins..... 428
Azurage, coloration, etc..... 429

CHAPITRE XI

TRAVAIL DES EMPLIS

986. — Seconds et troisièmes jets..... 430
Utilité de la chaleur..... 432
Probabilité du retour des sucres vitreux à l'état cristallin, d'après Maumené..... 435
987. — Travail des bas produits..... 437
990. — Produit final. — MÉLASSE..... 438
992. — Essais d'extraction du sucre par la chaux (Maumené)..... 440
Dans le laboratoire. — En fabrique..... 442

CHAPITRE XII

FABRICATION DU SUCRE DE CANNE

995. — Différences du travail avec celui de la betterave..... 444
996. — Absence du sucre inverti dans la canne mûre..... 444
997. — Causes de sa présence dans le travail actuel..... 446
998. — La chaux n'a aucun danger dans le vesou mûr..... 448
1000. — Moulins à canne, verticaux..... 449
1001. — Moulins à canne, horizontaux..... 451
1002. — La production de jus est à peu près la même..... 453
1003. — Essais de râpage..... 455
1004. — Essais de macération. — Imbibition Duchassaing..... 456
1005. — Défécation du vesou..... 457
1006. — Neutralisation des sirops ou mélasses destinés aux ouvriers..... 458
1008. — Emploi de la magnésie..... 459
1009. — Emploi de l'acétate de plomb..... 460
1010. — Évaporation. — Triple-effet..... 461

Digitized by Google

Numéros des paragraphes. Pages.

1013. — Concrétor Fryer ... 463
1014. — Appareil Philippe ... 466
1015. — Appareil Maumené et V. Rogelet ... 467
1016. — Filtration ... 467
1017. — Accidents d'inversion des sucres ... 467
1018. — Accidents d'inversion dans les navires ... 471
1019. — Amélioration du travail général ... 471
Par le procédé de conservation de Maumené ... 471
1020. — Par le procédé d'inversion ... 472
1021. — Observations spéciales. — Delteil ... 475
1023. — Explications, par Maumené ... 479
1025. — Expériences de rendement à la Réunion ... 485
1026. — Expériences du docteur Icery ... 487
1027. — Fabrication chinoise ... 488

CHAPITRE XIII

RAFFINAGE

1027 *bis*. — En quoi consiste le raffinage ... 489
1028. — Dissolution des sucres bruts ... 489
1029. — Coefficient salin du mélange ... 490
1030. — Chaudière ... 490
1031. — Clarification. — Sang et noir fin ... 491
1032. — Inconvénient du sang ... 491
1033. — Avantages de l'albumine ... 492
Analyses comparées ... 492
1034. — Chaudières de clarification ... 494
Analyses de noirs après clarification ... 495
1035. — Filtres Taylor ... 495
1036. — Chaudières de cuite ... 497
1037. — Formation du grain ... 497
1038. — Rafraîchissoirs ... 498
1039. — Purge des masses cuites. — Égouttage simple ... 499
1040. — Méthode de distribution (Herbot) ... 500
1041. — Mouvage ... 501
1042. — Blanchiment ... 502
1043. — Clairce préparée à froid ... 503
1044. — Clairce préparée à chaud. — Son emploi ... 503
1045. — Clairces colorées ... 505
1046. — Égouttage par le vide : *sucettes* ... 506
1047. — Égouttage par la force centrifuge ... 508
1048. — Séchage ... 508
1049. — Influence de la chaleur des étuves ... 509

Digitized by Google

Numéros des paragraphes. Pages.

1050. — Séchage par l'acide sulfurique dans le vide (Maumené). 510
1051. — Raffinage chez les étrangers 511
1052. — Raffinage en fabrique 512
1053. — Raffinage et mise en pains dans la fabrique 513

CHAPITRE XIV

PROCÉDÉS PROPOSÉS POUR LA FABRICATION DU SUCRE

1054. — Procédé Duncan. — Élimination de la potasse en alun 514
1055. — Procédé du phosphate d'ammoniaque et de la baryte 519
1056. — Procédé du tannin 521
1058. — Procédé de l'acide sulfureux, bisulfites, Melsens 526
1061. — Procédé de l'acide libre. — Drapier et Dubrunfaut 527
1062. — Procédé de l'acide libre. — Seyferth 528
1063. — Procédé du savon 529
1064. — Procédé par l'alcool pur 531
1066. — Procédé par l'alcool et l'acide sulfurique (Margueritte) 533
1067. — Procédé des cuites acides (Margueritte) 534
1068. — Procédé de la baryte 535
1070. — Procédés chimiques divers 538
1071. — Procédé de conservation (Maumené) 539
Amélioration progressive des jus 542
Economie 543
1072. — Procédé de l'osmose 546
1075. — Expériences à chaud (Walkhoff) 555
1076. — Procédé du sucre inverti (Maumené, Cail) 556
1079. — Procédé des dépôts mixtes (Maumené, Cail) 560
1080. — Procédé de conservation modifié (Margueritte, Maumené) 564

CHAPITRE XV

INSTALLATION DES FABRIQUES

1081. — Choix de la localité 566
1082. — Inclinaison du terrain 568
1083. — Nature du terrain 570
1084. — Abondance de l'eau 570
1085. — Qualité de l'eau 571
1086. — Choix et installation des générateurs 572
1087. — Générateur Victoor et Fourcy 574
1088. — Nombre des générateurs 574
1089. — Longueur des distributions de vapeur 577

Digitized by Google

Numéros des paragraphes.		Pages.
1090.	— Emplacement des générateurs	579
1091.	— Ouvriers : leur choix	579
1092.	— — leur nombre	581
1093.	— Bascules	581
1094.	— Lavoir des betteraves	582
1095.	— Installation des râpes	582
1096.	— Installation des râperies. — Dépenses	583
1097.	— Cas des presses hydrauliques	585
1099.	— Cas des presses continues	585
1100.	— Dangers du mauvais chaulage dans une râperie	586
1101.	— Fours à chaux	586
1102.	— Bacs de chaulage	587
1103.	— Appareils et atelier du lait de chaux	587
1104.	— Les monte-jus sont-ils préférables aux pompes	587
1105.	— Pompes à jus	588
1106.	— Bacs de carbonatation	588
1107.	— Pompe à gaz	590
1108.	— Chaudières de défécation	591
1109.	— Filtres-presses	592
1110.	— Filtres-presses	593
1111.	— Triple-effet. — Réfrigérant à fascines	595
1113.	— Essais de congélation	596
1114.	— Réchauffeur	597
1115.	— Filtres à noir	598
1116.	— Chaudière à cuire	598
1117	— Pompe à air	598
1118.	— Expérience sur les cuites dormantes	599
1119.	— Cuite des deuxièmes et troisièmes jets. — Installation spéciale.	599
1120.	— Atelier des turbines	599
1121.	— Perfectionnement des turbines par Fremeaux	601
1122.	— Sol des purgeries	602
1124.	— Turbinage des cuites des deuxièmes et troisièmes jets	602
1125.	— Utilisation de la vapeur des monte-jus	603
1126.	— Résultats généraux de l'installation indigène	603
1127.	— Tableau général de l'installation pour 25 millions de betteraves.	605
1128.	— Pertes de sucre par destruction	606
1129.	— Pertes de sucre par omission	607
1133.	— Pertes de sucre par la diffusion	610
1136.	— Remarques. — Dégagement d'ammoniaque	611
1137.	— Installation spéciale pour la canne	612

Digitized by Google

CHAPITRE XVI

FABRICATION DU SUCRE CANDI

Numéros des paragraphes.		Pages.
1138.	— Sucre candi	614
1140.	— Méthodes diverses de fabrication. — Méthode nantaise	615
1141.	— Méthode du nord de la France. — Méthode belge (d'Anvers)	617
1142.	— Preuves de concentration suffisante	617
	Solubilité du sucre de 0° à + 100°. G. Flourens	618
	Températures d'ébullition des dissolutions sucrées	619
	Sursaturation. — Courbe des températures	620
1143.	— Dégagement de la chaleur dans la cristallisation subite	620
	Retour de l'état vitreux à l'état cristallin (Maumené)	620
1144.	— Formules de rendement en candi, par G. Flourens	621
1145.	— Étuves abandonnées au refroidissement (courbes)	621
1150.	— Étuves chauffées	631

CHAPITRE XVII

DISTILLATION

1153.	— Est-il nécessaire de choisir une betterave spéciale?	635
1154.	— Mise en fermentation	637
1155.	— Emploi de la levûre	638
1156.	— Levain des boulangeries	639
1157.	— Autres moyens de remplacer la levûre	640
1158.	— Conservation de la levûre	640
1160.	— Influence de la dilution	642
1161.	— Influence de l'air	643
1162.	— Influence de la température	643
1163.	— Température de l'atelier ou cuverie	643
1164.	— Méthode de fermentation	644
1165.	— Capacité des vases ou cuves	644
1166.	— Les cuves doivent-elles être ouvertes ou fermées?	646
1167.	— Matière des cuves	646
1168.	— Construction des cuveries	646
1169.	— Conservation de leur température	657
1170.	— Préparation des moûts	647
1171.	— Inconvénients de la macération	648
1172.	— Cuisson des betteraves	649
1173.	— Mise en fermentation	649
1174.	— Maximum de concentration des moûts	650
1175.	— Influence des azotates	650
1176.	— Moyens de rendre la fermentation rapide	652

Digitized by Google

Numéros des paragraphes. Pages.

1177. — Moyens de suivre sa marche 653
1178. — Gazoscope Gay-Lussac 654
1179. — Densité réduite au minimum 654
1180. — Mérinos imprégné de bichlorure d'étain (Maumené) 655
1181. — Accidents. — Acide carbonique 656
1182. — Procédés de distillation 657
1183. — Distillation dans le vide 658
1184. — Distillation dans l'air. — Appareils Savalle. — Colonne distillatoire 659
1185. — Nature des phlegmes 666
1186. — Purification de l'alcool. — Nature des éléments d'impureté 667
1187. — Supériorité de l'alcool de canne 669
1188. — Nature des odeurs désagréables 669
1190. — Méthodes chimiques de purification 671
1191. — Méthodes physiques. — Rectification par Isaac Bérard 672
1192. — Rectificateur 673
1193. — Éprouvette-jauge 675
1194. — Nombre des plateaux 676
1196. — Distillation des produits de la fermentation directe par macération 678
1° Des betteraves 678
1197. — Exploitation agricole 679
1198. — Exploitation industrielle 683
1199. — Pompe à pulpe (Savalle) 686
1200. — 2° Des cannes 686
1201. — Distillation des mélasses de betteraves 690
1202. — Distillation des mélasses de cannes 693
1203. — Rendement des matières sucrées 695
1204. — Résultats du fonctionnement du rectificateur 697
1205. — Puissance de chauffage des colonnes distillatoires 698
1206. — Prix de l'alcool de 1852 à 1876 699

CHAPITRE XVIII

LÉGISLATION DES SUCRES

1207. — Décrets de Napoléon Ier 702
1208. — Ordonnance de 1814 704
Loi de 1816 705
1209. — Loi des Types, 1837 707
1210. — Loi du 3 juillet 1840 710
1211. — Loi de 1851 715
1212. — Prise en charge 719

Digitized by Google

Numéros des paragraphes. Pages.

1213. — Réclamations. — Note de Corenwinder 722
1214. — Loi du 20 décembre 1854..... 730
Loi du 20 mai 1860..... 731
1215. — Loi du 7 mai 1864..... 734
1216. — Applications de l'analyse. — Prix du degré hors 88..... 736
1217. — Loi du 30 décembre 1875..... 739
1218. — Variabilité du régime administratif..... 744
1219. — Sucrage des vins..... 746

CHAPITRE XIX

FABRICATION DES POTASSES

1221. — Traitement des vinasses..... 748
1222. — Composition d'un salin..... 749
1223. — Évaporation et calcination..... 749
1224. — Diverses formes des fours de calcination..... 750
1225. — Four Porion..... 750
1226. — Four Werotte..... 752
1227. — Calcination en vase clos..... 754
1228. — Recherches et application par C. Vincent..... 755
1229. — Purification des salins..... 756
1230. — Leur composition..... 758
1231. — Potasse de betteraves et potasse de suint..... 760
1232. — Composition des potasses de betterave..... 760
1233. — Amélioration, par Camichel et Henriot..... 760

NOTES

A. — Sur les moyens d'utiliser le gaz des fours..... 763
B. — Sur le coefficient mélassimétrique..... 766
C. — Sur l'existence de l'iode dans les mélasses..... 771
D. — Sur le prix moyen du sucre..... 772
E. — Procédé d'extraction par l'oxyde de plomb..... 774
F. — Variétés du sucre normal dans les végétaux..... 776
G. — Sucre d'agave..... 776
H. — Actions chimiques diverses du sucre..... 777
I. — Sur la chaleur dans les fours à chaux..... 779
J. — Sur les moyens de dosage du sucre..... 780
K. — Sur les odeurs des alcools..... 782
L. — Sur une bonde pour la conservation des alcools..... 784
M. — Sur les globules nommés *frai de grenouille*, etc..... 785
Table des matières..... 787

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME SECOND

Digitized by Google

TABLE DES AUTEURS

CITÉS DANS LE TOME SECOND

A

Pages.

ACHARD. — Premier fabricant de sucre. 229
ANTHON. — Absorption de la chaux par le noir..... 364
AVEQUIN. — Analyse de la canne à sucre..... 53
— Analyse du cal..... 59
— Analyse de la cire..... 62
— Ennemis de la canne à sucre..... 89
— Sucre d'érable..... 91

B

BARBET. — Effets du tannin..... 523
BARRESWIL — Suppression des mousses par la pression..... 281
— Procédé de clairçage des sucres bruts..... 427
BARRUEL. — Emploi de l'acide carbonique pour enlever la chaux..... 230
— Défécation du vesou..... 65
BARRUEL et CHAPPELET. — Première fabrique de sucre..... 702
BASSET. — Approbation du procédé Maumené..... 224
BAUDRIMONT. — Altération des sucres de canne avariés..... 471
BAUER. — Altération des betteraves gelées..... 611
BEANES. — Procédé du bisulfite de chaux..... 527
BECHAMP. — Variétés de l'albumine..... 25
BÉRARD (ISAAC). — Inventeur de la méthode de rectification. 672
BERNARD et EHRMANN. — Magnésie pour la défécation. 460
BERZELIUS. — Analyse des os. 394
BLAISE. — Four à noir..... 387
BOBIERRE (MORIDE et). — Noir de raffinerie..... 495
BODENBENDER. — Analyse d'écumes..... 299
BOURDON. — Manomètre..... 150

Digitized by Google

Pages.

BOURSIER. — Presse préparatoire..... 132
— Pompe à contre-poids..... 155
BOUSSINGAULT. — Potasse des cendres..... 517
BRACONNOT. — Cellulose et acide sulfurique..... 16
— Acide pectique..... 23
— Huile essentielle dans la betterave..... 31
— Diédates (Acétates) dans la betterave..... 33
— Oxalates..... 34
— Azotates..... 37
— Sulfates..... 39
— Phosphates..... 41
— Chlorures..... 42
BRAMAH. — Cuir embouti..... 139
BRISSONNEAU. — Laveur pour le noir..... 379
BUSSY. — Analyse du noir d'os ou noir animal..... 352
— Puissance décolorante du noir d'os..... 353 396

C

CAIL. — Pompe à pulpe..... 129
— Presse préparatoire..... 132
— Buffet des pompes de presses hydrauliques..... 143
— Carbonatation..... 230
— (DEROSNE et). — Appareil Degrand modifié..... 312
— Triple-effet..... 314
— Pompe à air..... 317
— Moulin horizontal pour la canne..... 451
— Procédé d'imbibition..... 456
— Générateur tubulaire..... 572
CAMICHEL et HENRIOT. Purification des potasses..... 760
CARION-DELMOTTE. — Râpe..... 105
CARRÉ. — Glace pour arrêter la fermentation..... 654
CASASECA. — Étude de la canne créole..... 57
CAZEAUX (Marquis DE). — Raffinage du sucre..... 87
CHACHEREAU. — Raffinage anglais et français..... 512
CHAMPION. — Rapport du sucre aux sels dans la betterave..... 47
CHAMPONNOIS. — Râpe..... 111
— Presse continue..... 172
CHORÈNE (MOÏSE DE). — Fabrication du sucre en Perse..... 83
CHEVREUL. — Affinités capillaires..... 272
CLAUDEL. — Tables des forces élastiques de vapeur..... 342
COLLETTE. — Presse continue..... 172
CORENWINDER. — Analyses de betteraves..... 48
— Note sur la prise en charge..... 722
— Coefficient mélassimétrique..... 766

Digitized by Google

Pages.

CUISINIER et LEPLAY. — Absorption de l'ammoniaque des jus..... 262
— Ammoniaque des jus.. 611

D

DANEK. — Filtre-presse..... 290 301
DARCET (MACQUER et). — Absence d'acide dans la canne..... 52
DATIENZA. — Plante les premières cannes à Conception..... 83
DECAISNE. — Structure de la betterave..... 1
— Examen microscopique du jus de betterave..... 9
DEHÉRAIN. — Acide tannique dans la betterave..... 32
— Culture de la betterave..... 68
DEGRAND. — Cuite dans le vide..... 310
DEROSNE et CAIL. — Appareil Degrand modifié..... 312
DELTEIL. — Études sur le sucre de canne..... 475
DESGOFFE. — Manomètre à mercure..... 151
DORION. — Défécation du vesou..... 65
DRAPIER et DUBRUNFAUT. — Acide sulfureux..... 527
DUBRUNFAUT. — Oxalates dans la betterave..... 34
— Sulfates..... 39
— Phosphates..... 40
— Chlorures..... 41
— Silice..... 42
— Oxyde de manganèse..... 44
— Acide sulfureux..... 527
— Extraction du sucre par la baryte..... 535
— Osmogènes..... 546
— Température des moûts pour la fermentation..... 644
— Création de l'industrie des potasses..... 749
DUCHASSAING. — Prix pour le procédé d'imbibition..... 456
DUPUY. — Analyses de canne à sucre..... 54
DUMAS. — Analyse de la cérosie..... 61
— Procédé Melsens..... 528
DUNCAN. — Procédé pour éliminer la potasse..... 514
DURIEUX et RŒTTGER. — Filtre-presse..... 301 290
— (GILS et). — Four à noir..... 387
DUTHRONE. — Quantité de vesou..... 63
— Défécation du vesou..... 65

E

ENDERLIN. — Analyses du sang de bœuf..... 493

F

FESCA. — Râpe..... 105

Digitized by Google

Pages.

FIGUIER et POUMARÈDE. — Papier parchemin pour l'osmose..... 547
FILHOL. — Puissance décolorante du noir..... 354
FLOURENS. — Fabrication du sucre candi..... 614
— Preuve de l'hypothèse de Maumené pour le retour du sucre à l'état normal..... 620
FOURCY (VICTOOR et). — Générateur à bouilleurs et tubes..... 574
FRÉMAUX. — Disposition des turbines..... 601
FREMY. — Acide pectique..... 23
— (DEHÉRAIN et).— Culture de la betterave..... 73
FRYER. — Concretor..... 463

G

GALLAND. — Récipients pour la clairce..... 504
GAY-LUSSAC. — Décomposition de la pierre à chaux..... 267
— Gazoscope pour la fin de la fermentation..... 654
GIRARD (A.). — Analyse du cal..... 60
GIRARDIN et DUBREUIL. — Valeur du sang coagulé ou naturel..... 494
GLENARD. — Analyse de l'œnocyanine..... 29
GRENIER. — Explosions dans les diffuseurs..... 610
GUÍMART. — Batterie pour le sucre de canne..... 478

H

HEINTZ. — Analyse du noir d'os..... 352
HENRY. — Action des réactifs sur le vesou..... 64
HERING. — Analyses du sang..... 492
HERBOT. — Méthode de distribution des masses cuites..... 500
HOFFMANN. — Analyse chimique de la betterave..... 45
— Analyse des écumes de défécation..... 259
— Sucre et perchlorure de fer..... 777
HOWARD. — Inventeur du filtre-presse..... 290
— Cuite dans le vide..... 304
HUMBOLDT (DE). — Fabrication du sucre en Chine..... 83

I

ICERY. — Quantité du vesou..... 63

J

JACQUIEB. — Filtre-presse..... 301 290
JOLY et CAMUS. — Râpe..... 107
JUBERT. — Frai de grenouille..... 785

K

KLUSEMANN. — Râpe..... 105
— Laveur pour le noir..... 379

Digitized by Google

Pages.

KRAUSE. — Sucre inverti dans la betterave..... 15
KROCKER. — Potasse des cendres..... 517

L

LACAMBRE. — Mise en fermentation. — Méthode belge..... 652
LAMPADIUS. — Râpe..... 101
— Création du système de travail de la betterave..... 229, 304 411
LEBANNEUR. — Serpentins du triple-effet..... 596
LEBÉE. — Presse continue..... 174
LEBRETON. — Traité sur les propriétés du sucre..... 86
— Défécation des vesous..... 227
LEDOCTE. — Pertes de sucre par projection..... 610
LEGAL. — Chariot distributeur de masse cuite..... 500
LEFRANC. — Moyen d'éviter les semelles..... 109
LESLIE. — Inspirateur de la cuite dans le vide..... 306
LEWY. — Analyse de la cérosie..... 61
LASNE. — Aspirateur..... 309
LALOUETTE (F.). — Cuite en grains..... 405
LHERMITE. — Fermentation de la manne..... 22
LIEBIG. — Analyse de la tétrabazofine (asparagine)..... 27
— Bimalate fermenté..... 36
LINARD. — Transport souterrain des jus..... 207
LIRAC (De). — Dessiccation de la betterave..... 82
— La canne ravagée par les fourmis..... 87
LAVOISIER. — Lavage méthodique..... 198
LOUVRIER-GASPARD (TRAPPE et). — Baromètre condenseur..... 308

M

MAC CULLOCH. — Analyse de la canne à sucre..... 58
MACLAGAN (TILLEY et). — Mucilage par viscose..... 21
MACQUER et DARCET. — Absence d'acide dans la canne..... 52
MANUEL et SOCIN. — Presse continue..... 169
MARCHAND. — Influence du terrain sur la betterave..... 82
MALAGUTI. — Acidité de l'acide carbonique..... 373
MARGUERITTE. — Extraction du sucre par l'alcool..... 533
— Cuites acides..... 534
— et MAUMENÉ. — Procédé de conservation modifié..... 564
— Carbonate double de potasse de soude..... 759
MATHIEU DE DOMBASLE. — Macération..... 193
MAUMENÉ. — Absorption de l'eau par la betterave..... 11
— Acide hexénique formé par la cellulose hydratée..... 21
— Chaux et cellulose (coton)..... 17
— Chaux et albumine..... 25

Digitized by Google

		Pages.
MAUMENÉ. — Acide sulfurique et albumine		25
— Œnocyanine couleur de la betterave	29	357
— Acide hexépique dans la betterave altérée à l'air		32
— Acide triéjique		32
— Acide pentabélique		32
— Température de fusion de l'azotate de potasse		38
— Le sulfate de chaux perd son eau dans le vide		40
— Le chlorure de potassium fond dans le verre		42
— L'eau de la betterave varie beaucoup		47
— Danger de la dessiccation des cannes à sucre		55
— La nature du terrain dans les cultures est secondaire		66
— Analyses d'eaux de Paris et Reims		115
— Râpage dans une atmosphère de vapeur		125
— Moyen d'analyse des jus de presses continues, etc		168
— Analyses des pulpes		180
— Nécessité d'analyser le jus des râperies à l'arrivée	210	536
— Procédé d'extraction du sucre par la conservation des jus		214
— Défécation à froid		539
— Carbonatation	274, 300, 301	537
— Application à la canne	446	471
— Analyses de jus conservés	511	543
— Économie du système		543
— Expérience prouvant que le jus brut est moins altérable		217
— Analyses de pierres à chaux		239
— Absorption de l'eau par les pierres calcaires		243
— Analyses de dépôt dans les tubes de four à chaux		244
— Chaulage par le lait de chaux fait avec du jus		248
— Lenteur de dissolution de la chaux dans le jus		249
— Analyses des gaz du four		265
— Vapeur surchauffée pour calciner la pierre à chaux		267
— Acide carbonique par le bicarbonate de soude		269
— Addition d'une cuvette aux bacs de carbonatation		277
— Analyses de dépôts du triple-effet		334
— Filtre pour l'entrée des jus au triple-effet		336
— Explication de l'effet de l'huile sur la mousse		338
— Correspondance des degrés densimétriques et Baumé		350
— Preuve de l'absurdité du coefficient mélassimétrique		365
— Densités du noir neuf et du vieux		367
— Absorption des sels par le noir		371
— Force de l'acide carbonique en solution alcoolique		373
— Division des filtres en étages		377
— Analyses de noir d'os		393
— Lignites de Reims donnent un noir décolorant		396
— Table de Derosne calculée avec la densité 1585		401

Digitized by Google

Pages.

MAUMENÉ. — Méthode pour cuire en grains 405
— Analyses de masses cuites 421
— Hypothèse du retour du sucre à l'état normal 435
— Extraction du sucre des mélasses. — Essais 441
— Inversion des sucres en grains 467
— et V. ROGELET. — Appareil d'évaporation à l'air 467 478
— Étuvage par le vide et l'acide sulfurique 510
— Potasse des cendres 517
— (CAIL et). — Fabrication du sucre inverti 556
— (CAIL et). — Procédé des dépôts mixtes 560
— (MARGUERITTE et). — Conservation par la soude 564
— Altération des paniers en cuivre (turbines) 602
— Procédé de conservation 608
— Étude des eaux de retours triple-effet ou cuite 608
— Degrés densimétriques pour remplacer les degrés Cartier 612
— Chauffage des moûts avec de l'acide pour rétablir la propriété fermentiscible 616
— Fermentation nitreuse. — Moyen de la prévenir 632
— Disposition de l'éprouvette pour reconnaître la fin des fermentations 655
— Bandelettes de mérinos chloruré, pour le même objet 655
— Le soufre est la principale cause des mauvais goûts 669
— Expériences sur l'odeur et le goût des alcools (*Note*) 782
— Bonde pour la conservation des moûts et alcools (*Note*) 784
— Sucre pour l'alcoolage des vins 746
— Calcination des vinasses en vase clos 754
— Potasse de suint comparée à celle de betterave 759
— Injecteur à gaz pour les fours à chaux 763
— Influence de l'iodure de sodium comme agent mélassigénique 768
— Non-existence de l'iode dans les mélasses 771
— Extraction du sucre par les sels de plomb 774
— Action du sucrate et de l'hypochlorite de chaux 777
— $C^{12}H^{11}O^{12}$ dans l'action du perchlorure de fer 777
— Odeurs des alcools 782
— Bonde pour la conservation des alcools 784
MAURE. — Avantages du procédé Maumené pour les râperies 209
MELSENS. — Procédé du bisulfite de chaux 526
— Coefficent mélassimétrique 766
MÉRAT. — Analyses des os 394
MOLARD. — Perfectionne la râpe d'Odobbel 111
MONTIGNY. — Importation du sorgho 92
MORELLE. — Brise-mousses par le jus 280
MORIDE et BOBIERRE. — Noir de Raffinerie 495
MUSPRATT. — Chaleur spécifique du noir 393

Digitized by Google

Pages.

N

NAPOLÉON Ier. — Décret sur la fabrication du sucre..... 702
NASSE. — Analyses du sang..... 492
NAUDIN. — Enregistreur des pressions..... 153
NEWLANDS FRÈRES. — Élimination de la potasse en alun..... 514
NILUS. — Premier moulin horizontal pour la canne..... 451

O

ODOBBEL. — Râpe à denture interne..... 101
OFFRET. — Sulfocyanure pour colorer les sucres..... 429
OVIEDO. — Première sucrerie à Saint-Domingue..... 83

P

PAGNOUL. — Analyse de la betterave..... 47
PAPIN. — Soupape appliquée aux presses..... 150
PARMENTIER. — Sucre d'érable..... 91
PASCAL. — Principe de la presse hydraulique..... 135
PAYEN. — Distribution du sucre dans la betterave..... 10
— Chlorophylle..... 30
— L'acide de la betterave est tétrabéjique (malique)..... 31
— Oxalates dans la betterave..... 34
— Azotates..... 37
— Sulfates..... 39
— Phosphates..... 41
— Chlorures..... 42
— Silice..... 43
— Structure de la canne à sucre..... 55
— Action du noir d'os..... 361
PELIGOT. — Analyse de la canne à sucre..... 53 54
— Culture de la betterave..... 73
PECQUEUR. — Appareil d'évaporation à effets multiples..... 314
PECLET. — Chaleur latente de la vapeur..... 341
PELLET. — Rapport du sucre aux sels dans la betterave..... 47
PELLETAN. — Lévigateur..... 193
— Aspirateur..... 310
FERRET. — Bac décanteur..... 286 et 289
PEZEYRE. — Expériences de rectification..... 677
PHILIPPE fils. — Appareil d'évaporation à l'air..... 466
PHIPSON. — Mucilage de la betterave..... 18
PIERRE (Is.) et PUCHOT. — Méthode de rétrogradation..... 667
PLAGNE. — Analyse de la canne à sucre..... 54
POIZOT. — Presse continue..... 164

Digitized by Google

Pages.

POPP. — Analyse de la canne à sucre..... 59
PORION. — Four à calciner les vinasses..... 750
POUMARÈDE (FIGUIER et). — Papier parchemin pour l'osmose..... 547
PROVOST et DUMAS. — Analyses du sang..... 493
PROUST. — Analyse de la canne à sucre..... 35
— Défécation du vesou..... 62
— Sucre d'érable..... 91

Q

QUAREZ. — Brise-mousses..... 279

R

REGNAULT. — Forces élastiques de la vapeur..... 342
REISET. — Ammoniaque dans la betterave..... 45
RENARD. — Prix moyen de l'alcool, 1852 à 1876..... 700
— Prix moyen du sucre à Paris..... 772
REYNOSO. — Culture de la canne..... 86 88
RILLIEUX. — Triple-effet..... 314
ROBERT (de Seelowitz). — Râpe..... 106
— Diffusion..... 204
— Chauffage du triple-effet..... 315
ROBIQUET. — Découverte de la tétrabazofine (asparagine)..... 27
ROTH. — Cuite dans le vide..... 306
ROUSSEAU. — Carbonatation..... 230
RŒTTGER (DURIEUX et). — Filtre-presse..... 290 301

S

SACHSSE. — Chlorophylle de la betterave..... 30
— Iodure de mercure pour l'essai des sucres..... 780
SAVALLE. — Appareils de distillation..... 659
— Éprouvette-jauge..... 675
— Pompe à pulpe..... 685
SCHATTEN. — Proportion de pulpe dans les sacs..... 158
SCHEIBLER. — Lactose dans les jus fermentés..... 610
— Frai de grenouille..... 785
— Pentazodine (Bétaïne)..... 27
SCHOONBRODT. — Sucrate et hypochlorite de chaux..... 777
SHREBER. — Laveuse mécanique des sacs..... 163
— Moulin à masse cuite..... 414
— Analyses du noir..... 393
SCHULZ. — Analyses d'écumes..... 299
— Densités du noir..... 367

Digitized by Google

Pages.

SCHUTZENBERGER. — Albumine et acide sulfurique..... 25
SCHUTZEMBACH. — Appareil de macération..... 200
SÉRAPHIN. — Four à noir..... 388
SEYFERTH. — Acide sulfureux..... 528
SOLDANII. — Liqueur pour l'essai des sucres..... 780
STAMMER. — Objections au procédé Maumené..... 219
— Descriptions d'éprouvettes..... 328
— Absorption des sels par le noir..... 362

T

TAYLOR. — Filtre pour clarification..... 496
TEIREICH. — Analyses d'écumes..... 299
TELLIER. — Glau pour arrêter la fermentation..... 654
THERY. — Mise en pratique du procédé Maumené..... 221
TILLEY et MACLAGAN. — Mucilage par viscose..... 21
TRAPPE et LOUVRIER-GASPARD. — Baromètre condenseur..... 308
TRINKS. — Filtre-presse..... 291, 295 301

V

VAUQUELIN. — Mucilage de la betterave..... 17
— et ROBIQUET. — Découverte de l'asparagine..... 27
VELOSA (GONZALVE de). — Premiers moulins à canne..... 83
VICTOOR et FOURCY. — Générateur à bouilleurs et tubes..... 574
VILLE (G.). — Engrais chimiques..... 72
VILMORIN. — Culture de la betterave..... 74
VINCENT. — Sucre de cannes raffiné..... 612
— Calcination des vinasses en vase clos..... 755
VIOLLETTE. — Distribution du sucre dans la betterave..... 10
VIVIEN. — Analyses de pulpe..... 180
— Approbation du procédé Maumené..... 224
— Analyses d'écumes..... 299
— Clairçage à l'air chaud..... 424
VRY (De). — Palmier d'Aren..... 93

W

WALKHOFF. — Expériences de pressurage..... 148
— Proportion de pulpe dans les sacs..... 158
— La pulpe la plus fine donne le plus de jus..... 175
— Absorption d'eau par la pulpe..... 179
— Expériences de rendement des turbines en jus..... 187 185
— Expériences de macération..... 199
— Emploi simultané de la presse et de la macération..... 203

Digitized by Google

Pages.
WALKHOFF. — Appréciation du procédé Maumené..... 222, 223 234
— Effets de la défécation..... 200
— Absorption des sels par le noir..... 362
— Densités du noir..... 367
— Eau nécessaire au lavage du noir..... 372
— Calcination du noir..... 389
— Sang desséché pour le raffinage..... 492
— Expériences d'osmose..... 554
— Injecteur Giffard appliqué aux fours à chaux..... 763
WARBURTON. — Sulfate de zinc. Conservation du sang..... 494
WEILER. — Nie l'absorption des sels par le noir..... 362
WEROTTE. — Four à calciner les vinasses..... 752
WETZELL. — Appareil d'évaporation tournant..... 478
WICKE. — Analyses d'écumes..... 299

Z

ZLIENKOFF. — Turbinage des pulpes et mouillage..... 186

FIN DE LA TABLE DES AUTEURS DU TOME SECOND

PARIS. — IMPRIMERIE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Digitized by Google

ERRATA

TOME I.

Pages.	Lignes.	Au lieu de:	Lire:
10	22	où les atomes de base	où les atomes de base et d'acide
13	23	ou *r*R	ou *r*B
21	15		voir p. 47
37	27	ou $\frac{}{4}$	ou $\frac{9}{4}$
48	17	acide trijiénique	acide triéjique
58	dernière	LXVIII	LXVII
73	24		EM
96	6	et Commaille	de Commaille
128	4	16,95	16,35
235	note 2	Hermite	Lhermite
310	3	4/39	3/39
370	14	méthode des différences	d'origine française
393	avant-dernière	(4)	(165)
396	dernière	LXXII	LXXXII
401	21	$x' =$	$x =$
423	28		Il faut tenir compte du gaz resté en dissolution dans le liquide de F.
444	17	cassure	coupure
527	avant-dernière	9002	9902
576	18	Rapporter l'article 477 de la page 453	
602	9	— 15°	+ 15°
630	31	Maumené Jaussay	Maumené-Jaunay

TOME II.

14	8	459	688
52	dernière	Macquet	Macquer
55	13	cerosée	cérosie
193	1	pressurage	macération
225	3		787
252	9	n'étant	*n'* étant
266	5	fig. 164	fig. 164 *bis*
267	8	fig. 163	fig. 164 *bis*
276	17	(831)	(832)
281	29	fig. 165	fig. 166
364	1	Authon	Anthon
446	8	998	997
451	27	; d'autre part	, d'autre part ;
453	antépénultième		*ajouter* § 1076
489	4	1027	1027 *bis*
493	2	Enderlin	à la 3e colonne
602	5	peintes	jointes

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

YD 18088

M503780

TP 377
M3
v.2

Digitized by Google